



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **TUGAS AKHIR - RF141501**

### **KORELASI ANTARA N-SPT DENGAN RESISTIVITAS**

PANCA PUTRI KARUNIA WIDHI  
NRP 3714100034

Dosen Pembimbing  
Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si, M.Si  
NIP. 19760123 200003 1 001  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
NIP. 19591010 198803 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**UNDERGRADUATE THESIS - RF141501**

## **CORRELATION BETWEEN N-SPT AND RESISTIVITY**

PANCA PUTRI KARUNIA WIDHI  
NRP 3714100034

Supervising Professors:  
Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si, M.Si  
NIP. 197601232000031001  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
NIP. 195910101988031002

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Earth Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



# KORELASI ANTARA N-SPT DENGAN RESISTIVITAS

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 30 Juli 2018

Menyetujui,

1. Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si. (Pembimbing I)  
NIP 197601232000031001
2. Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si. (Pembimbing II)  
NIP 195910101988031002
3. M. Haris Miftakhul Fajar, S.T., M.Eng. (Penguji I)  
NIP 198902082017031001
4. Firman Syaifuddin, S.Si., M.T. (Penguji II)  
NIP 198409112014041001

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si.  
NIP. 19591010 198803 1 002



*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “KORELASI ANTARA N-SPT DENGAN RESISTIVITAS” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 29 Juni 2018



Panca Putri Karunia Widhi

NRP 3714100034

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*



## ABSTRAK

### KORELASI ANTARA N-SPT DENGAN RESISTIVITAS

Nama : Panca Putri Karunia Widhi  
NRP : 3714100034  
Dosen Pembimbing : Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si, M.Si  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si

Telah dilakukan penelitian untuk mendapatkan hubungan antara resistivitas dengan N-SPT (*number of standard penetration test*). Metode uji penetrasi standar (SPT) merupakan teknik *in situ* dalam metode geoteknik yang bertujuan untuk mengukur kekompakan bawah permukaan. Metode geolistrik merupakan metode geofisika yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi resistivitas bawah permukaan bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kedua parameter. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran di 9 titik, yaitu di lokasi Unair dan ITS, serta beberapa data tambahan yang berada di lokasi Gunung Anyar dan Sumenep, Madura. Lokasi titik penelitian di wilayah Surabaya terletak pada tanah aluvial, sedangkan lokasi titik penelitian di Madura berada pada Formasi Madura yang terdiri dari batu gamping terumbu dan batu gamping dolomitan. Hasil pengukuran yang diperoleh kemudian diolah untuk didapatkan nilai resistivitas. Dari hasil nilai resistivitas kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *transverse resistance*. Persamaan yang didapatkan antara N-SPT dengan resistivitas di area Unair yakni  $y = 4,18x + 0,516$  dengan nilai  $r^2 = 0,5$ . Pada area ITS didapatkan persamaan  $y = 0,828x + 8,66$  dengan  $r^2 = 1,22$  dan pada area Gunung Anyar didapatkan persamaan  $y = -0,0968x + 4,233$  dengan  $r^2 = -0,103$ . Pada perbandingan ini diketahui bahwa area Unair memiliki nilai persamaan yang paling linear. Untuk perbandingan grafik antara *transverse resistance* dengan N-SPT pada area Unair didapatkan persamaan  $y = 4,18x + 3,516$  dengan  $r^2 = 0,5045$ . Untuk area ITS adalah  $y = 0,1x + 15,55$  dengan  $r^2 = 0,28$  dan area Gunung Anyar yaitu  $y = 0,261x - 5,287$  dengan nilai  $r^2 = 0,896$ . Dari hasil perbandingan antara *transverse resistance* dengan N-SPT diketahui bahwa area Gunung Anyar memiliki hubungan persamaan yang paling linear. Hasil korelasi antara resistivitas dan *transverse resistance* terhadap N-SPT di wilayah Madura tidak menunjukkan adanya hubungan dikarenakan nilai N-SPT menghasilkan angka yang tetap. Hasil dari perhitungan perbandingan antara *transverse resistance* dengan N-SPT pada area dengan tanah aluvial didapatkan nilai korelasi yang kecil dengan persamaan  $y = 0,14x + 10,59$  dengan  $r^2 = 0,33$ .

Kata kunci: aluvial, gamping, N-SPT, resistivitas

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## **ABSTRACT**

### **CORRELATION BETWEEN N-SPT AND RESISTIVITY**

Name : Panca Putri Karunia Widhi  
NRP : 3714100034  
Supervising Professors : Dr. Dwa Desa Warnana,S.Si, M.Si  
Dr. Ir. Amien Widodo,M.Si

*This research has been done to get the relationship between N-SPT (number of standard penetration test) with resistivity. The standard penetration test method (SPT) is an in situ technique in geotechnical investigation aimed to measure the compactness of the subsurface. Resistivity method is a geophysical method aimed to get the resistivity distribution of the subsurface. The research was conducted by doing measurements in 9 points of VES (vertical electrical sounding), i.e. in Unair and ITS, and some additional data of VES in Gunung Anyar and Sumenep (Madura). The research points in Surabaya located in alluvial soil, while the research points in Madura located in Madura Formation, consisting of reef limestone and dolomitic limestone. The results obtained are then processed to get the resistivity values. Then the resistivity values were calculated to get the tranverse resistance values. For Unair area obtained the equation between N-SPT with resistivity is  $y = 4,18x + 0,516$  with  $r^2 = 0,5$ . For ITS area obtained the equation  $y = 0,828x + 8,66$  with  $r^2 = 1,22$  and for Gunung Anyar area obtained the equation  $y = -0,0968x + 4,233$  with  $r^2 = -0,103$ . From the comparison between these equations, it is known that Unair area has the best linear equation value. For the comparison between transverse resistance with N-SPT, for Unair area obtained  $y = 4,18x + 3,516$  with  $r^2 = 0,5045$ . For ITS area obtained  $y = 0,1x + 15,55$  with  $r^2 = 0,28$  and Gunung Anyar area is  $y = 0,261x - 5,287$  with  $r^2 = 0,896$ . From the comparison between these equations, it is known that Gunung Anyar area has the best linear equation value. The result between resistivity and transverse resistance against N-SPT in Madura showed there isn't correlation between them, it caused by the values of N-SPT is same for all depth. The equation obtained between transverse resistance against N-SPT with alluvial region is  $y = 0,14x + 10,59$  with  $r^2 = 0,33$ . This equation shows that both parameters has small correlation.*

**Keyword:** alluvial, limestone, N-SPT, resistivity

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul penelitian yaitu **Korelasi antara N-SPT dengan Resistivitas**.

Selama proses penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini banyak pihak yang turut serta membimbing, memberi dukungan, serta membantu penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Oleh sebab itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Dwa Desa Warnana, Dr. Amien Widodo, dan Dr. Widya Utama, DEA selaku dosen pembimbing yang telah membantu dalam melakukan penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Firman Syaifuddin dan M. Haris Miftakhul Fajar selaku dosen penguji.
3. Seluruh pihak yang belum disebutkan yang telah mendukung penyelesaian Tugas Akhir.

Harapan penulis semoga penelitian ini dapat membantu serta dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya. Penulis memahami masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan akhir kerja praktik ini. Oleh sebab itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun dalam menyempurnakan laporan ini.

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan .....	2
1.4    Batasan Masalah.....	2
<b>BAB II. DASAR TEORI .....</b>	<b>3</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	3
2.1.1 Korelasi antara N-SPT dengan Resistivitas.....	3
2.1.2 Korelasi antara N-SPT dengan <i>Transverse Resistance</i> .....	5
2.2 Geologi Regional.....	7
2.3 <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) .....	9
2.4 Metode Geolistrik.....	11
2.4.1 Konsep Dasar .....	12
2.4.2 Vertical Electrical Sounding (VES) .....	13
2.4.3 Metode Schlumberger .....	14
2.4.4 Model Geo-elektrik .....	16
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Peralatan dan Data.....	19
3.2 Lokasi Penelitian .....	19
3.3 Skema Kerja .....	23

3.3.1 Survei Pendahuluan dan Desain Pengukuran .....	24
3.3.2 Pengolahan Data .....	25
<b>BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Analisa Data .....	29
4.1.2 Grafik Perbandingan dan Persamaan Resistivitas terhadap Kedalaman serta N-SPT .....	29
4.1.3 Grafik Perbandingan dan Persamaan <i>Transverse Resistance</i> dan N- SPT terhadap Kedalaman.....	41
4.1.4 Grafik Perbandingan <i>Transverse Resistance</i> dan Resistivitas terhadap Kedalaman .....	58
4.2 Pembahasan .....	65
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>71</b>
Data Hasil Pengukuran di Kawasan ITS dan Unair.....	71
<b>Biografi Penulis .....</b>	<b>79</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan nilai SPT dengan resistivitas (Akinlabi, 2014) .....	3
Gambar 2. 2 Hubungan antara Resistivitas dengan nilai N-SPT (Syed, 2012)...	4
Gambar 2. 3 Hubungan antara Resistivitas dengan nilai N-SPT (Oh, 2007) .....	4
Gambar 2. 4 Hubungan resistivitas dengan SPT (Devi, 2017) .....	5
Gambar 2. 5 Hubungan resistivitas dengan N-SPT yang menggambarkan tren hiperbolik (Osman, 2016) .....	5
Gambar 2. 6 Hubungan linear antara nilai SPT dan tranverse resistance pada (a) Aligarh; (b) Jhansi (Sudha, 2009) .....	6
Gambar 2. 7 Fisiografi Pulau Jawa Bagian Timur (Van Bemmelen, 1949) .....	7
Gambar 2. 8 Peta Geologi Surabaya (Sukardi dkk, 1992) .....	8
Gambar 2. 9 Peta Geologi Daerah penelitian (Situmorang, 1992) .....	9
Gambar 2. 10 Alat SPT (sumber) .....	10
Gambar 2. 11 Skema urutan uji penetrasi standar (sumber) .....	10
Gambar 2. 12 Pola aliran arus listrik yang dipancarkan dan distribusi potensial yang dihasilkan oleh elektroda arus tunggal di permukaan medium setengah tak berhingga (sumber) .....	12
Gambar 2. 13 Pola aliran arus listrik dan distribusi potensial dari elektroda arus ganda (sumber) .....	13
Gambar 2. 14 Penggambaran pengukuran metode sounding 1D (sumber) .....	14
Gambar 2. 15 Contoh hasil inversi VES 1D (sumber) .....	14
Gambar 2. 16 Konfigurasi metode Schlumberger (sumber) .....	15
Gambar 2. 17 Harga resistivitas beberapa batuan, tanah, dan mineral (Keller & Frishknecht, 1996; Telford, 1990) .....	16
Gambar 2. 18 Pemodelan perlapisan bawah permukaan (sumber) .....	16
 Gambar 3. 1 Peta lokasi titik data bor SPT dan pengukuran di Surabaya (a): Unair dan ITS (b) dan Gunung Anyar (c) .....	21
Gambar 3. 2 Peta lokasi titik data bor SPT dan pengukuran di Sumenep, Madura (a): Desa Guluk-Guluk(b) .....	22
Gambar 3. 3 Alur Kerja Penelitian .....	23
Gambar 3. 4 Pencocokan kurva resistivitas semu data pengukuran dengan kurva <i>fitting</i> .....	26
Gambar 3. 5 Alur lintasan pemotongan melintang titik bor .....	28

Gambar 4. 1 Grafik perbandingan resistivitas terhadap kedalaman dan N-SPT di lokasi Unair: FMIPA (a), Asrama (b), RS (c).....	30
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan resistivitas terhadap kedalaman dan n-spt di area ITS: Jalan (a), PENS (b), Rektorat (c), Hidrodinamika (d), FTI (e), dan FMIPA (f) .....	34
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan resistivitas terhadap kedalaman dan N-SPT di area Gunung Anyar: GL 03 (a), GL 10 (b) .....	37
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan dan persamaan resistivitas terhadap kedalaman di area: Unair (a), ITS (b), dan Gunung Anyar (c) .....	41
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan N-SPT terhadap kedalaman di area Unair: FMIPA (a), Asrama (b), dan RS (c).....	43
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan N-SPT terhadap kedalaman di area ITS: Jalan (a), PENS (b), Rektorat (c), Hidrodinamika (d), FTI (e), dan FMIPA (f) .....	46
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan N-SPT terhadap kedalaman di area Gunung Anyar: GL 03 (a), dan GL 10 (b) .....	47
Gambar 4. 8 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan N-SPT terhadap kedalaman di Madura .....	47
Gambar 4. 9 Grafik persamaan <i>transverse resistance</i> dengan N-SPT di area Unair : FMIPA(a), Asrama (b), RS (c), dan gabungan (d) .....	49
Gambar 4. 10 Grafik persamaan <i>transverse resistance</i> dengan N-SPT di area ITS: Jalan (a), PENS(b), Rektorat(c), Hidrodinamika(d), FTI(e), FMIPA(f), dan gabungan(g) .....	53
Gambar 4. 11 Grafik persamaan <i>transverse resistance</i> dengan N-SPT di area Gunung Anyar: GL-03(a), GL-10(b), dan gabungan(c).....	55
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> terhadap N-SPT di Madura.....	56
Gambar 4. 13 Grafik persamaan hubungan antara N-SPT dengan <i>transverse resistance</i> di area Surabaya.....	56
Gambar 4. 17 Grafik persamaan gabungan antara <i>transverse resistance</i> dengan N-SPT di wilayah Gunung Anyar dan Jhansi (India) .....	57
Gambar 4. 14 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan resistivitas terhadap kedalaman di area Unair : FMIPA(a), Asrama (b), RS (c).....	59
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan resistivitas terhadap kedalaman dengan N-SPT di area ITS: Jalan (a), PENS(b), Rektorat(c), Hidrodinamika(d), FTI(e), FMIPA(f) .....	62
Gambar 4. 16 Grafik perbandingan <i>transverse resistance</i> dan resistivitas terhadap kedalaman di area Gunung Anyar: GL-03(a), GL-10(b).....	63
Gambar 4. 18 Korelasi kelompok N-SPT di tiap titik bor .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi N-SPT dengan konsistensi tanah .....	11
Tabel 3. 1 Koordinat Titik Pengukuran VES Unair dan ITS .....	22
Tabel 3. 2 Koordinat Titik VES Gunung Anyar, Surabaya (49S-UTM) .....	22
Tabel 3. 3 Desain Akuisisi Penelitian .....	24
Tabel 3. 4 Hasil data pengukuran di rektorat .....	25
Tabel 4. 1 Lapisan tanah di area Unair .....	30
Tabel 4. 2 Lapisan tanah di area ITS .....	34
Tabel 4. 3 Lapisan tanah di area Gunung Anyar.....	37
Tabel 4. 4 Nilai resistivitas terhadap kedalaman di Desa Guluk-Guluk, Sumenep, Madura .....	39
Tabel 6. 1 Data pengukuran di FMIPA ITS .....	71
Tabel 6. 2 Data pengukuran di FTI ITS .....	71
Tabel 6. 3 Data pengukuran di UPT ITS .....	72
Tabel 6. 4 Data pengukuran di Bunderan Mulyosari .....	73
Tabel 6. 5 Data pengukuran di hidrodinamika .....	74
Tabel 6.6 Data pengukuran di FMIPA Unair.....	75
Tabel 6. 7 Data pengukuran di RS Unair .....	76
Tabel 6. 8 Data pengukuran di Asrama Unair .....	77

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

SPT (*standard penetration test*) merupakan suatu metode geoteknik *in situ* yang bertujuan untuk mengukur kekompakan suatu batuan. Metode geolistrik merupakan metode geofisika yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi resistivitas bawah permukaan bumi. Hasil pengolahan dari metode ini akan diinversi kemudian akan menghasilkan *true apparent* yang kemudian dapat diinterpretasikan. Metode geoteknik uji penetrasi standar dan metode resistivitas masing-masing menghasilkan *output* yang berbeda. Hingga saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara parameter geoteknik dengan metode geofisika.

Beberapa kajian telah dilakukan untuk mendapatkan hubungan kedua parameter. Braga (1999) dan Akinlabi (2014) mendapatkan korelasi yang rendah diantara kedua parameter. Dalam penelitiannya, Braga menemukan persamaan dengan nilai koefisien (0,3) yang menunjukkan korelasi yang rendah dari kedua parameter. Kemudian dia berpendapat bahwa nilai koefisien korelasi dapat ditingkatkan menjadi 0.7 dengan menghapus resistivitas yang tinggi pada lapisan atas. Kemudian Oh (2007), Syed (2012), Osman (2016), dan Devi (2017) melakukan kajian dan mendapatkan hubungan dari kedua parameter tersebut dengan membandingkan antara resistivitas dengan nilai N-SPT. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Osman didapatkan grafik hubungan yang hiperbolik. Dalam jurnalnya, Osman berpendapat bahwa seharusnya korelasi antar kedua parameter seharusnya hanya menunjukkan tren keatas atau kebawah saja. Lain halnya dengan penelitian yang dihasilkan oleh Sudha (2009) pada formasi aluvial. Pada penelitian didapatkan hubungan linear antara kedua parameter dengan mengkorelasikan nilai N-SPT dengan *transverse resistance*. *Transverse resistance* merupakan nilai resistivitas terhadap kedalaman lapisan.

Walaupun hasil persamaan korelasi yang didapatkan oleh kajian sebelumnya berbeda-beda, kajian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa terdapatnya hubungan antara nilai N-SPT dengan metode geolistrik resistivitas. Kondisi geologi wilayah yang berbeda, khususnya daerah dengan dominasi aluvial dan batu gamping tentu akan menghasilkan persamaan korelasi antara N-SPT dengan resistivitas yang berbeda. Untuk mengetahui hasil persamaan korelasi dengan dua kondisi litologi yang berbeda tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan N-SPT dengan resistivitas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana korelasi antara metode geolistrik (resistivitas) dengan metode geoteknik (SPT)?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara metode geolistrik (resistivitas) dengan metode geoteknik (SPT).

## **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini dilakukan pada daerah Surabaya dengan dominasi tanah aluvial dan Madura dengan geologi batuan batu gamping. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode VES. Pengambilan data dilakukan didekat atau memotong langsung titik sumur bor dengan perbedaan waktu antara kedua pengambilan data (data sumur dan data VES) yang tidak sama.

## **1.5. Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi tambahan untuk penelitian hubungan korelasi antara N-SPT dengan resistivitas.

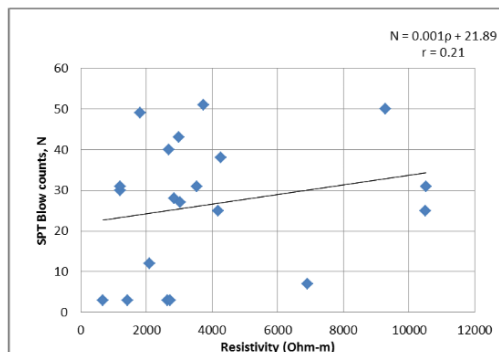
## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

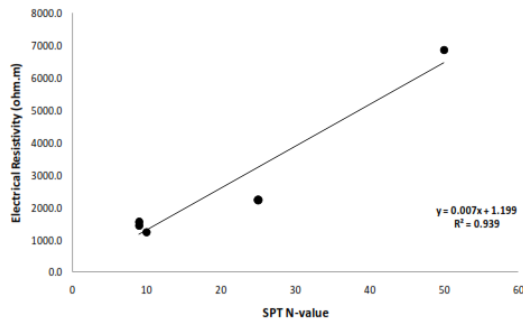
##### 2.1.1 Korelasi antara N-SPT dengan Resistivitas

Uji penetrasi standar merupakan metode geoteknik yang dilakukan untuk mengetahui daya dukung/ kekompakan tanah. Metode ini menghitung jumlah pukulan (*blow counts*) yang dilakukan untuk memasukkan tabung sedalam 1 ft kedalam tanah. Secara ideal, nilai N-SPT (*number of standard penetration test*) akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah. Resistivitas merupakan metode geolistrik yang digunakan untuk mengetahui persebaran resistivitas bawah permukaan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan adanya korelasi antara parameter resistivitas dengan geoteknik. Korelasi yang rendah antara kedua parameter ditemukan oleh Braga, dkk (1999). Dalam penelitiannya Braga menemukan persamaan dengan nilai koefisien (0,3) yang menunjukkan korelasi yang rendah dari kedua parameter. Kemudian dia berpendapat bahwa nilai koefisien korelasi dapat ditingkatkan menjadi 0.7 dengan menghapus resistivitas yang tinggi pada lapisan atas. Korelasi yang rendah juga ditemukan oleh Akinlabi pada tahun 2014 (gambar 2.1). Penelitian tersebut dilakukan pada daerah bendungan dengan litologi kandungan butir yang bervariasi pada kedalaman tertentu. Tidak hanya mengorelasikan antara nilai N-SPT dengan resistivitas, Akinlabi dan Adeyemi juga mengorelasikan hubungan parameter resistivitas dengan densitas bulk, *plasticity index*, serta kohesi dan menunjukkan bahwa metode geolistrik cukup menunjang data geoteknik lainnya.



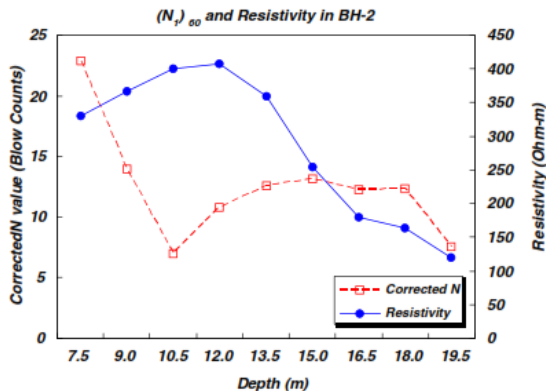
Gambar 2. 1 Hubungan nilai SPT dengan resistivitas (Akinlabi, 2014)

Beberapa jurnal juga menyebutkan terdapatnya korelasi antara resistivitas terhadap nilai N-SPT, yang dibuktikan dengan persamaan garis linear antar kedua parameter. Syed pada tahun 2012 melalui penelitiannya menemukan hubungan yang linear antara resistivitas dengan nilai N-SPT (gambar 2.2).



Gambar 2. 2 Hubungan antara Resistivitas dengan nilai N-SPT (Syed, 2012)

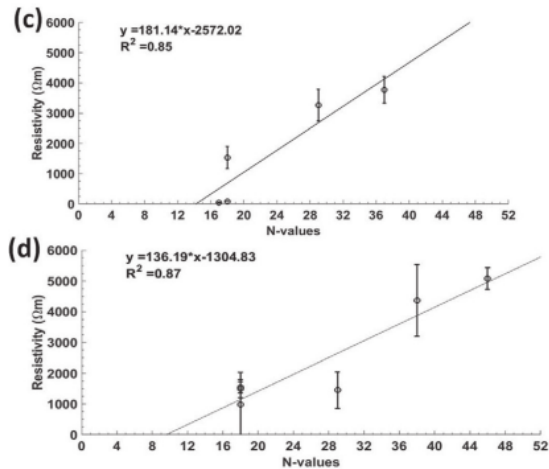
Hubungan antara kedua parameter juga digambarkan melalui gambar 2.3 dan gambar 2.4. Seokhoon Oh pada tahun 2007, memperlihatkan hubungan antara nilai N-SPT dengan resistivitas (gambar 2.3) yang dilakukan di tanah berpasir dengan kadungan ukiran butir yang berbeda. Di kedalaman 12,5 m merupakan tanah dengan ukuran butir *clay* yang lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan *clay* pada kedalaman 21m.



Gambar 2. 3 Hubungan antara Resistivitas dengan nilai N-SPT (Oh, 2007)

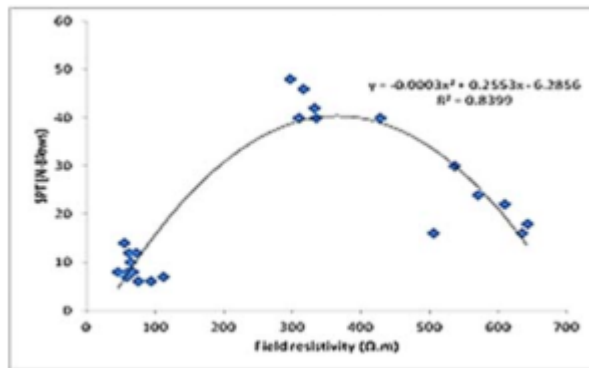
Gambar 2.4 menggambarkan korelasi kedua parameter yang dilakukan oleh Devi pada tahun 2017 yang dilakukan pada daerah Himalaya dengan jenis batuan yang mengandung kuarsa philit. Persamaan yang didapatkan menunjukkan hubungan korelasi yang cukup baik diantara kedua parameter.





Gambar 2. 4 Hubungan resistivitas dengan SPT (Devi, 2017)

Osman pada tahun 2016 (gambar 2.5) mendapatkan hasil korelasi dengan trend hiperbolik. Dalam jurnalnya peneliti berpendapat bahwa seharusnya korelasi antar kedua parameter seharusnya hanya menunjukkan tren keatas atau kebawah saja.

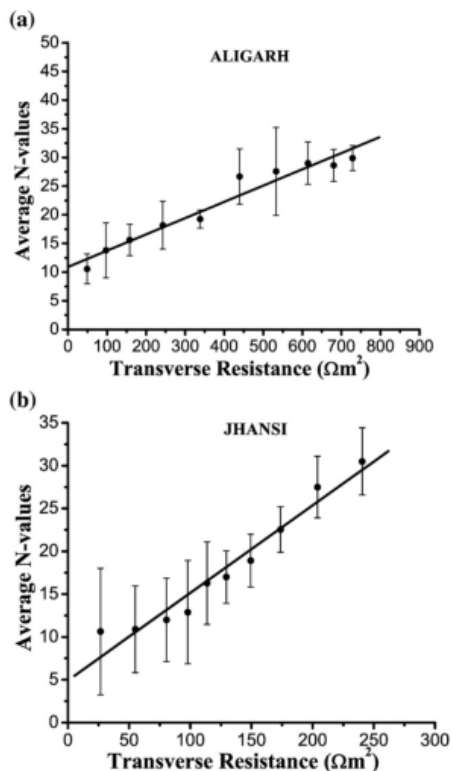


Gambar 2. 5 Hubungan resistivitas dengan N-SPT yang menggambarkan tren hiperbolik (Osman, 2016)

### 2.1.2 Korelasi antara N-SPT dengan *Transverse Resistance*

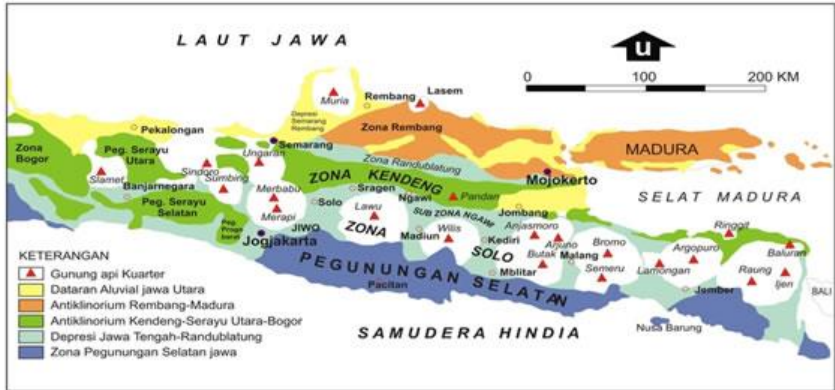
Korelasi secara linear kemudian ditemukan oleh Sudha pada tahun 2009. Penelitian tersebut didapatkan dengan mengkorelasikan nilai SPT dengan *transverse resistance* (gambar 2.6) pada daerah dengan formasi aluvial di Aligargh dan Jhansi. Kedua tempat tersebut memiliki kandungan matriks tanah

yang berbeda. Daerah Aligarh memiliki presentase kandungan *clay* yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan daerah Jhansi. Adanya kandungan *clay* yang berbeda ini memengaruhi nilai dari persamaan garis yang ditampilkan pada gambar 2.16. Nilai SPT secara langsung berhubungan dengan kekuatan tanah dan kekompakkannya, sedangkan variasi resistivitas di bawah permukaan dipengaruhi oleh properti tanah seperti distribusi grain size, kekompakan, porositas, dan *electrical property* pada fluida yang terdapat di ruang pori batuan (Archie, 1942).



Gambar 2. 6 Hubungan linear antara nilai SPT dan tranverse resistance pada (a) Aligarh; (b) Jhansi (Sudha, 2009)

## 2.2 Geologi Regional

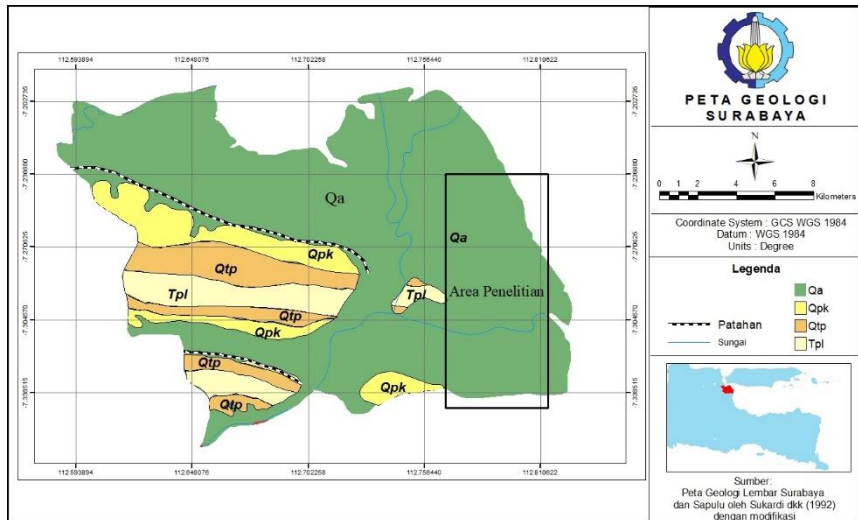


Gambar 2. 7 Fisiografi Pulau Jawa Bagian Timur (Van Bemmelen, 1949)

Menurut Van Bemmelen (1949), secara fisiografis Jawa Timur dibagi menjadi 7 dari utara ke selatan:

1. Dataran Aluvial Utara Jawa
2. Zona Rembang-Madura
3. Zona Depresi Randublatung
4. Zona Kendeng
5. Zona Pusat Depresi Jawa
6. Busur Vulkanik Kuartar
7. Pegunungan Selatan

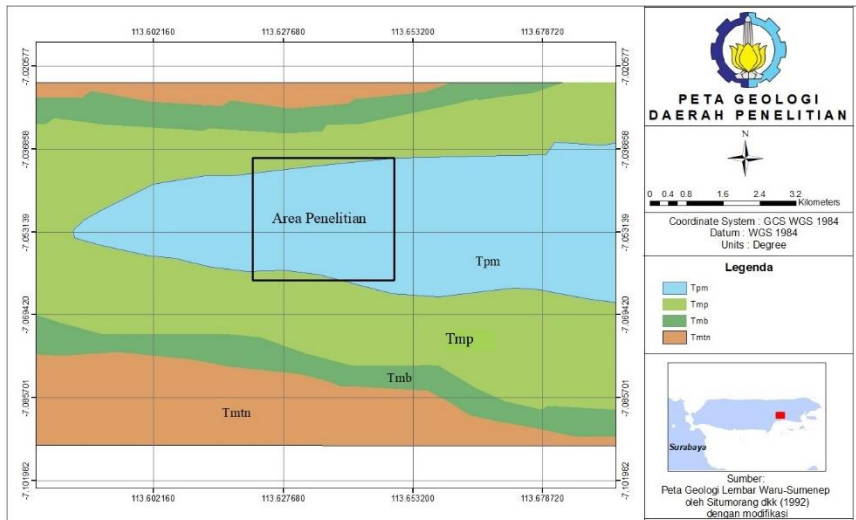
Ditinjau dari fisiografinya, daerah penelitian berada dalam Zona Dataran Aluvial Utara Jawa dan Zona Rembang-Madura. Zona Dataran Aluvial Utara Jawa meliputi daerah pesisir utara Jawa Barat dari Serang hingga Cirebon dengan lebar wilayah sekitar 40 km. Susunan litologi pada zona ini berupa endapan aluvial dan pantai. Pada Zona Rembang-Madura dan Zona Kendeng dipisahkan oleh Zona Depresi Randublatung yang merupakan suatu dataran tinggi dari antiklinorium dengan arah barat-timur sebagai hasil dari proses tektonik Tersier Akhir. Zona Rembang-Madura merupakan zona patahan antara paparan karbonat di utara (Laut Jawa) dengan Cekungan Kendeng yang berada di selatan. Susunan litologi pada zona ini adalah campuran antara karbonat laut dangkal dengan klastika, serta lempung dan napal laut dalam.



Gambar 2. 8 Peta Geologi Surabaya (Sukardi dkk, 1992)

Geologi Kota Surabaya tersusun atas beberapa formasi (tampak pada gambar 2.8). Qa merupakan alluvium yang mengandung kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan pecahan cangkang fosil. Qpk merupakan Formasi Pamekasan yang mengandung batupasir coklat kemerahan dan bercak-bercak kelabu, batulempung kelabu, konglomerat dan komponen utama batugamping. Qtp merupakan Formasi Pucangan yang mengandung batuan pasir dan konglomerat. Yang terakhir adalah Tpl yang merupakan Formasi Lidah yang mengandung batulempung biru dan batulempung pasir (Sukardi dkk, 1992).

Kota Surabaya memiliki wilayah dengan dominan daerah dataran rendah ( $\pm 80\%$ ). Daerah tersebut merupakan hasil endapan aluvial dan endapan pantai. Dataran rendah tersebut meliputi wilayah Surabaya Timur, Utara dan Selatan dengan kemiringan  $< 3\%$  dan terletak pada ketinggian  $< 10\text{m}$  dari permukaan laut. Endapan pantainya terdiri dari lempung lanau dan lempung kelanauan. Daerah Surabaya berupa cekungan endapan aluvial muda hasil endapan laut dan sungai, tuf dan batu pasir (Sukardi, 1992). Wilayah penelitian terletak di area bagian timur dan selatan Surabaya. Wilayah timur dekat dengan pantai, selain itu beberapa wilayah tersebut memiliki lapisan atas berupa tanah urukan. Sedangkan di wilayah selatan daerah pengukuran cukup jauh dari area pantai.

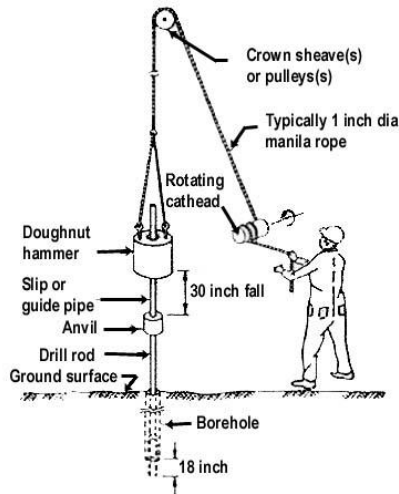


Gambar 2. 9 Peta Geologi Daerah penelitian (Situmorang, 1992)

Gambar 2.9 merupakan gambar peta geologi daerah penelitian yang terletak di Kabupaten Sumenep, Madura. Area penelitian tersusun dari beberapa formasi. Tpm merupakan Formasi Madura yang terdiri atas batu gamping terumbu dan batu gamping dolomitan. Tmp merupakan Formasi Pasean yang terdiri dari perselingan napal pasiran dengan batugamping lempungan, batugamping pasiran dan batugamping oolitan. Tmb adalah Formasi Bulu yang terdiri atas batugamping pelat dengan sisipan napal pasiran. Tmtu adalah Formasi Ngrayong yang terdiri atas perselingan batupasir kuarsa dengan batugampingarbitoid dan batulempung (Situmorang dkk, 1992). Area penelitian ini terletak di sebelah timur Pulau Madura. Berdasarkan peta geologinya, maka daerah penelitian terletak pada wilayah dengan Formasi Madura. Formasi ini terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping dolomitan.

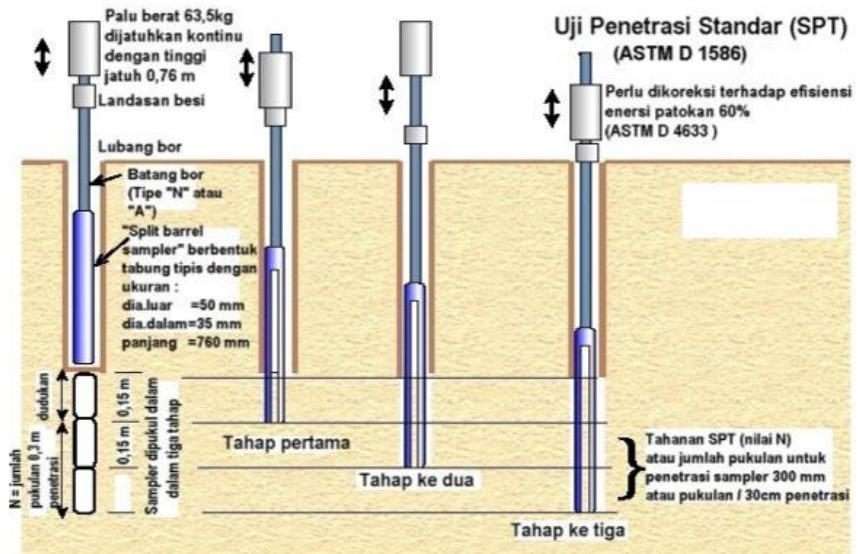
### 2.3 Standard Penetration Test (SPT)

Merupakan salah satu jenis uji tanah yang sering digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah palu dengan beban 140 lb (63,5 kg) yang dijatuhkan secara berulang dengan ketinggian 30 in (0,76 m) yang tampak pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Alat SPT (sumber)

Uji penetrasi standar dilakukan dengan mengukur jumlah pukulan yang diperlukan agar tabung belah dinding tebal (*split barrel sample*) masuk ke dalam tanah sedalam 300 mm (1 ft) vertikal (gambar 2.11).



Gambar 2. 11 Skema urutan uji penetrasi standar (Badan Standardisasi Nasional, 2008)

Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, berturut-turut sedalam 6 in (150 mm) untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai kedudukan ( $N_1$ ), nilai dari tahap ini tidak diperhitungkan karena tanah masih kotor/bekas pengeboran. Jumlah pemukulan pada tahap kedua ( $N_2$ ) dan ketiga ( $N_3$ ) dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan  $N$  atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan /0,3 m atau pukulan per feet (ft)), sehingga didapatkan:

$$N_{SPT} = N_2 + N_3 \quad (1)$$

Untuk setiap lapisan, digunakan nilai  $N$  rata-rata yang didapatkan dari persamaan:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i / N_i} \quad (2)$$

Dimana  $t_i$  adalah tebal tiap lapisan,  $N_i$  merupakan nilai  $N_{SPT}$  yang telah terkoreksi pada tiap lapisan.

Tabel 2. 1 Korelasi N-SPT dengan konsistensi tanah

N	0-2.5	2.5-5	5-10	10-20	20-40	>40
<i>Consistency</i>	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Very Stiff</i>	<i>Hard</i>

Sumber: Mochtar (2006), *revised* 2012

Tabel 2.1 merupakan tabel klasifikasi nilai N-SPT yang dikelompokkan berdasarkan konsistensi tanah pada tanah kohesif. Kohesif merupakan suatu sifat bahan dimana bagian-bagian bahan melekat satu dengan yang lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan tersebut berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanah terjadi retak atau pecah.

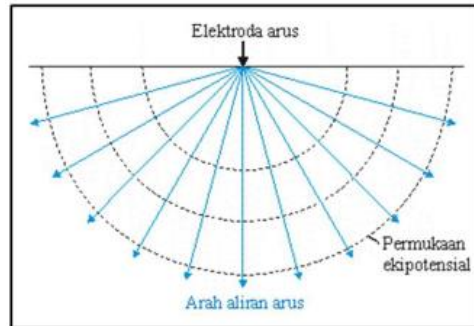
## 2.4 Metode Geolistrik

Metode geolistrik termasuk kedalam salah satu metode geofisika yang memanfaatkan serta mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan mengalirkan arus DC (*direct current*) ke dalam tanah. Metode ini dilakukan untuk didapatkan nilai resistivitas. Nilai resistivitas diperoleh dari resistivitas semu yang didapatkan dari hasil pengukuran di bawah permukaan bumi. Nilai resistivitas yang didapatkan bergantung pada distribusi resistivitas dari formasi serta konfigurasi elektroda yang digunakan pada pengukuran. Metode ini dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui sepasang elektroda arus (C1/A, C2/B), serta mengukur beda potensial yang timbul (P1/M,

P2/N). Metode DC ini tidak hanya simple dan ekonomis, tetapi juga memberikan informasi berharga sehubungan dengan water content dari formasi *sub-surface*. *Dry, unconsolidated*, serta formasi yang granular biasanya ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang tinggi dengan nilai antara beberapa ratusan hingga ribuan ohm-meter. Ketika terdapat formasi yang sama dan kemudian tersaturasi dengan manifestasi air, maka nilai akan menunjukkan nilai yang sangat lebih rendah karena adanya pengantaran bebas arus elektrik melalui pori-pori batuan (Maitra, 2008).

#### 2.4.1 Konsep Dasar

Teori distribusi dari arus DC pada permukaan bumi yang homogen dan isotropis banyak dikembangkan oleh Heiland (1940) dan Jakosky (1957). Ketika terdapat elektroda arus tunggal yang melewati suatu medium isotropi tak berhingga, maka beda potensial (V) dengan jari-jari arus r adalah:



Gambar 2. 12 Pola aliran arus listrik yang dipancarkan dan distribusi potensial yang dihasilkan oleh elektroda arus tunggal di permukaan medium setengah tak berhingga (sumber)

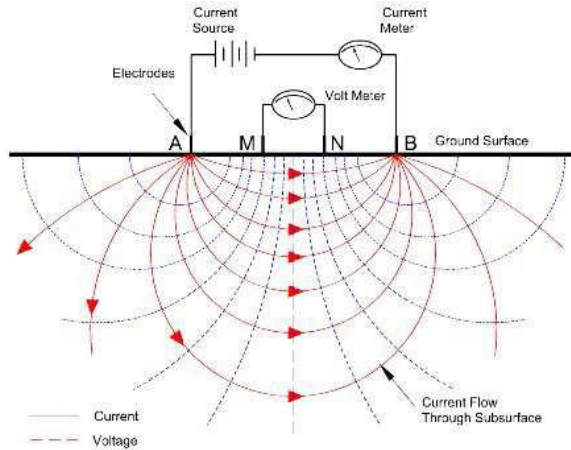
$$V = I \cdot R \quad (3)$$

Dimana  $R = \rho \cdot \frac{1}{A}$ , maka

$$V = \frac{I \rho}{2 \pi r} \quad (4)$$

Dimana  $\rho$  merupakan nilai resistivitas, K adalah faktor geometri, sedangkan V merupakan beda potensial, dan I adalah arus yang diinjeksikan. Untuk arus ganda, maka didapatkan nilai beda potensialnya adalah:





Gambar 2. 13 Pola aliran arus listrik dan distribusi potensial dari elektroda arus ganda (sumber)

Berdasarkan gambar di atas, didapatkan beda potensial antara M dan N adalah:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (5)$$

Dimana  $r_1$  adalah jarak AM,  $r_2$  adalah jarak MB,  $r_3$  adalah jarak AN, dan  $r_4$  yaitu jarak NB, maka didapatkan

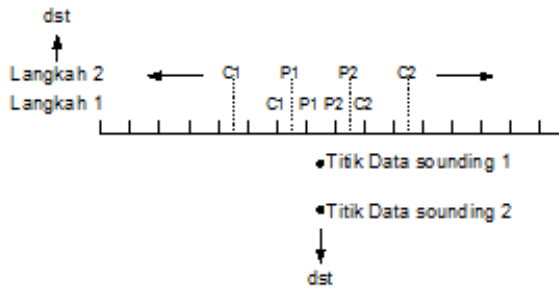
$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \cdot K \quad (6)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} \quad (7)$$

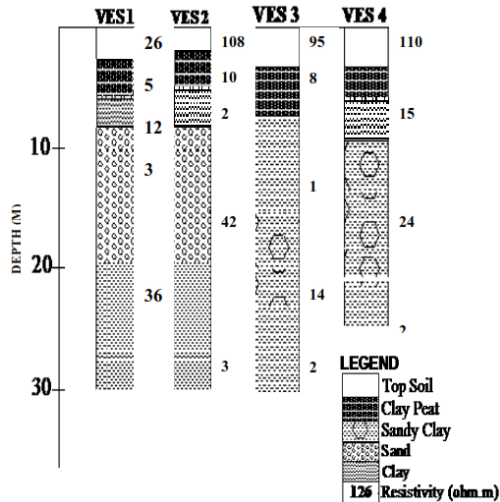
K biasa disebut dengan faktor geometri.

## 2.4.2 Vertical Electrical Sounding (VES)

Salah satu jenis teknik pengukuran geolistrik adalah VES. VES merupakan suatu teknik pengukuran yang bertujuan untuk mengukur variasi resistivitas sebagai fungsi dari kedalaman pada suatu titik pengukuran. VES merupakan plot logaritmik ganda dari resistivitas semu disepanjang kedalaman (Maitra, 2008). Proses pengukuran digambarkan oleh gambar 2.15 serta hasil pengolahan metode VES ditunjukkan oleh gambar 2.16.



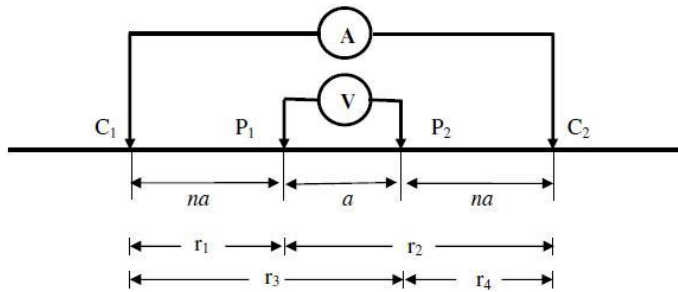
Gambar 2. 14 Penggambaran pengukuran metode *sounding* 1D (sumber)



Gambar 2. 15 Contoh hasil inversi VES 1D (sumber)

### 2.4.3 Metode Schlumberger

Schlumberger merupakan salah satu konfigurasi yang sering dipakai dalam eksplorasi geolistrik. Prinsip ideal konfigurasi ini adalah dengan membuat jarak MN sekecil-kecilnya, sehingga secara teoritis jarak MN tidak berubah, yaitu dengan perubahan jarak MN tidak lebih besar dari  $1/5$  jarak AB. Konfigurasi Schlumberger mampu untuk mendeteksi adanya sifat ketidakhomogen lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2.



Gambar 2. 16 Konfigurasi metode Schlumberger (sumber)

Konfigurasi Schlumberger memiliki persamaan faktor geometri (K):

Apabila  $S = \frac{2na+a}{2}$  dan  $B = \frac{a}{2}$

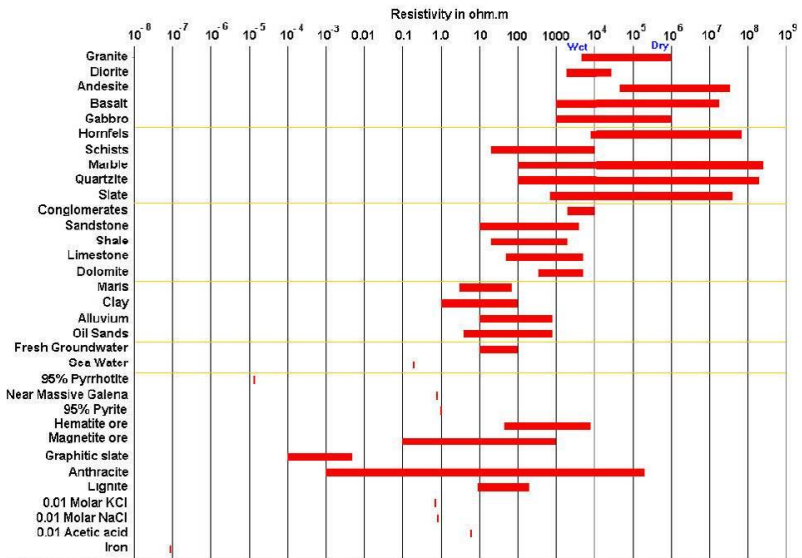
$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}}$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{S-B} - \frac{1}{S+B} - \frac{1}{S+B} + \frac{1}{S-B}}$$

$$K = \frac{2\pi}{2\left(\frac{1}{S-B}\right) - 2\left(\frac{1}{S+B}\right)}$$

$$K = \frac{\pi(S-B)(S+B)}{2B}$$

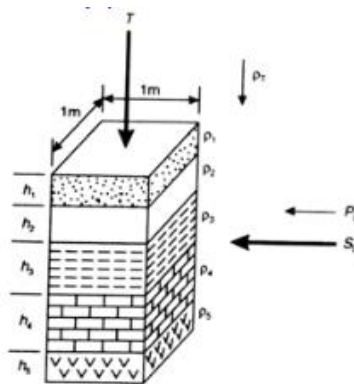
$$K = \frac{\pi(S^2 - B^2)}{2B} \quad (8)$$



Gambar 2. 17 Harga resistivitas beberapa batuan, tanah, dan mineral (Keller & Friskhnecht, 1996; Telford, 1990)

#### 2.4.4 Model Geo-elektrik

Agar didapatkan ketebalan serta nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bumi, secara teoritis perhitungan dilakukan melalui pendekatan dengan menyederhakan bumi sebagai suatu wilayah pengukuran yang terdiri atas rentetan lapisan horizontal yang tak berhingga, seperti yang ditunjukkan gambar berikut ini:



Gambar 2. 18 Pemodelan perlapisan bawah permukaan (sumber)

Dalam teori tentang konduktor berlapis, parameter khusus pada dasarnya penting, baik dalam interpretasi atau dalam memahami model geo-elektrik. Parameter-parameter ini berhubungan dengan kombinasi yang berbeda-beda terhadap ketebalan dan resistivitas pada tiap lapisan geo-elektrik (Zohdy, 1965). Untuk sekuen horizontal n, homogen, dan lapisan isotropis dengan resistivitas  $\rho_i$  dan ketebalan  $h_i$ , dengan parameter Dar Zarrouk (DZ), maka ditetapkan rumus konduktansi longitudinal S dan total *tranverse resistance* T untuk lapisan sebagai berikut:

$$S_i = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\rho_i} \text{ (siemens) } \dots\dots\dots(9)$$

$$T_i = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot h_i \text{ (ohm.m}^2\text{) } \dots\dots\dots(10)$$

Total *tranverse resistance* secara umum digunakan untuk interpretasi kuantitatif maupun kualitatif. Penggunaannya sebagai interpretasi kuantitatif digunakan untuk mendapatkan korelasi antara total *tranverse resistance* dengan hasil uji rata-rata *borehole*. Properti ini digunakan sebagai indikasi variasi ketebalan terhadap material resistivitas tinggi atau variasi terhadap resistansi transversal. Kenaikan nilai T disertai dengan kenaikan ketebalan pada material resistivitas tinggi.

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

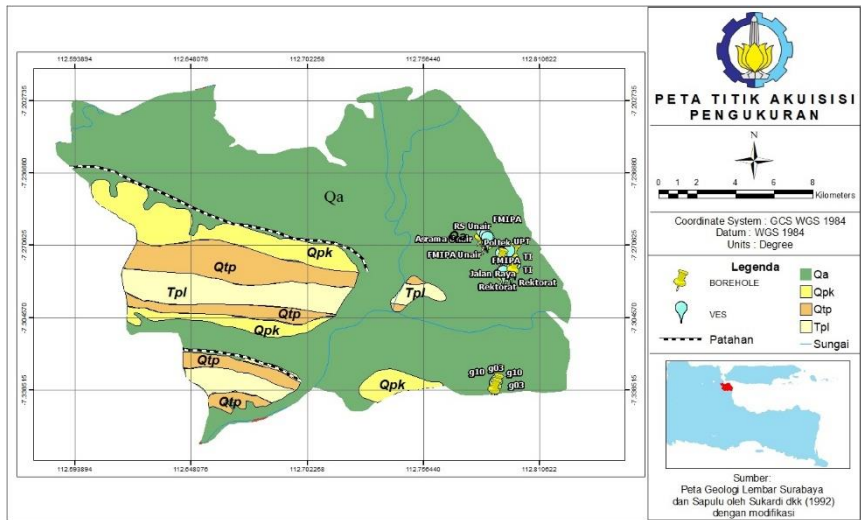
#### **3.1 Peralatan dan Data**

Proses akuisisi data dilakukan pada 9 titik pengukuran. Titik pengukuran tersebut bergantung pada letak sumur bor SPT. Adapun peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

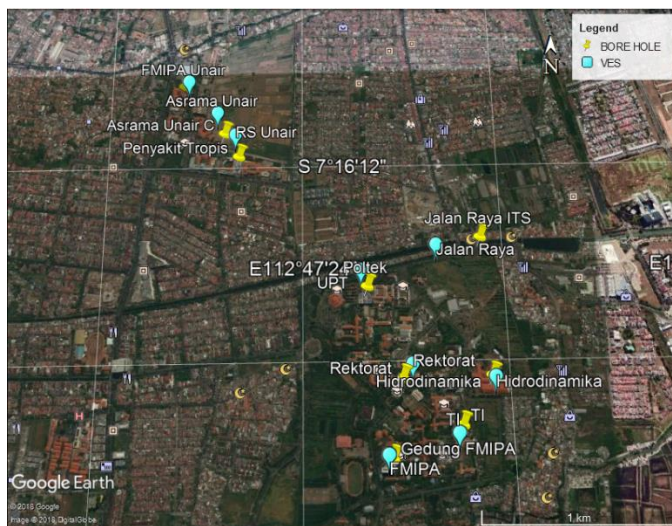
1. Perangkat EDAK-EXG3
2. Elektroda
3. 1 buah aki
4. 4 roll kabel 100m
5. Penjepit buaya
6. 2 buah payung
7. Meteran
8. Data bor SPT
9. Data laboratorium tanah bor (ayakan)
10. *Software* IPI2WIN
11. *Software* Matlab
12. *Software* Autodesk Civil 3D 2018
13. *Software* Rockworks 16
14. Ms. Excel dan Ms. Word

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Data SPT didapatkan di dua daerah, yaitu daerah Surabaya dan Sumenep. Lokasi titik data SPT beserta dengan lokasi pengukuran ditunjukkan oleh gambar 3.1.



(a)



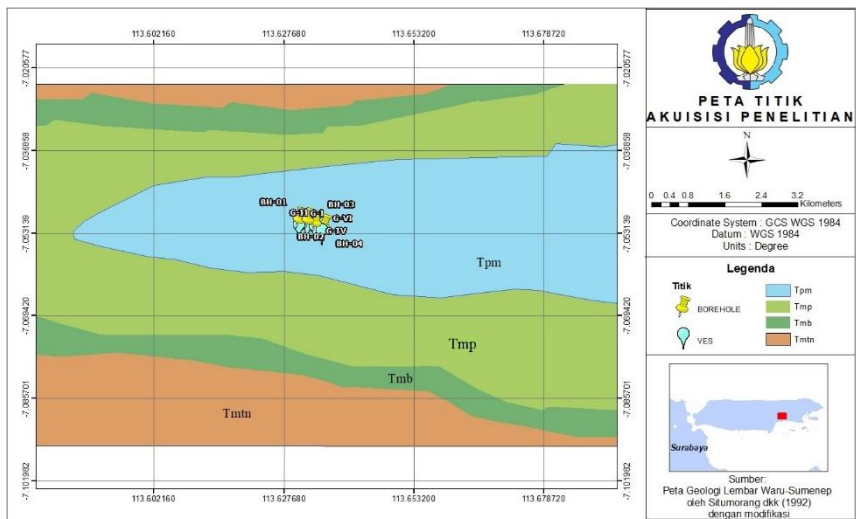
(b)



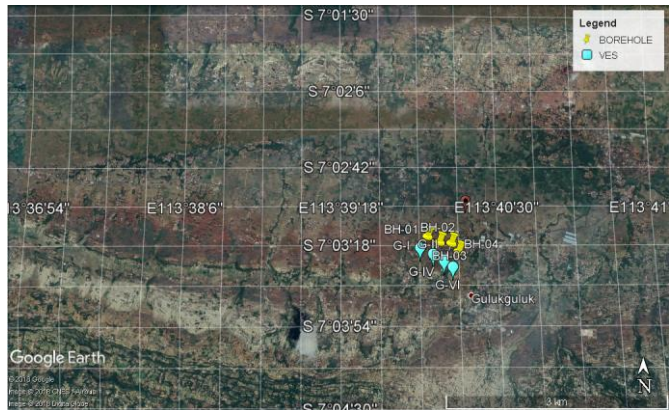


(c)

Gambar 3. 1 Peta lokasi titik data bor SPT dan pengukuran di Surabaya (a): Unair dan ITS (b) dan Gunung Anyar (c)



(a)



(b)

Gambar 3. 2 Peta lokasi titik data bor SPT dan pengukuran di Sumenep, Madura (a): Desa Guluk-Guluk(b)

Berikut ini merupakan koordinat letak akuisisi data VES yang dilakukan di daerah Unair dan ITS.

Tabel 3. 1 Koordinat Titik Pengukuran VES Unair dan ITS

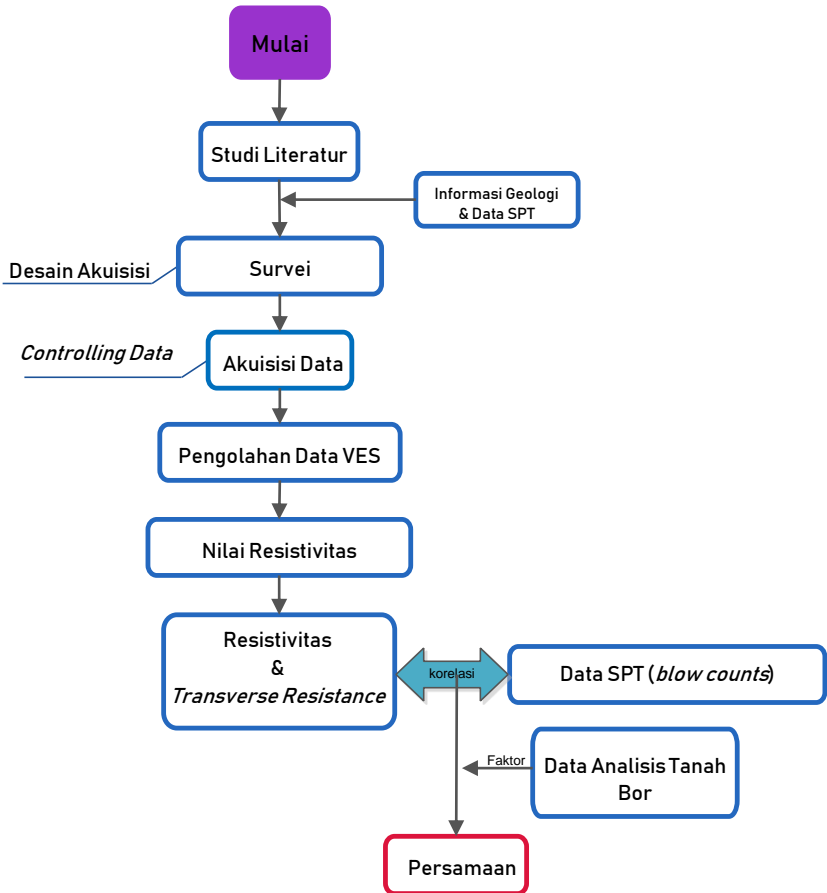
No	Lokasi	Koordinat Degrees, Decimal Minutes	
1	Jalan Raya ITS	07° 16.507'S	112° 47.799'E
2	Rektorat	07° 16.861'S	112° 47.717'E
3	Teknik Industri ITS	07° 17.057'S	112° 47.842'E
4	UPT	07° 16.582'S	112° 47.573'E
5	Hidrodinamika	07° 16.900'S	112° 47.955'E
6	FMIPA ITS	7° 17.114'S	112° 47.641'E
7	Asrama Unair	07° 16.072'S	112° 47.135'E
8	Rumah Sakit Unair	07° 16.147'S	112° 47.192'E
9	FMIPA Unair	7° 15.966'S	112° 47.020'E

Tabel 3. 2 Koordinat Titik VES Gunung Anyar, Surabaya (49S-UTM)

No	Titik	X	Y
1	gl3	697678	9188687
2	gl10	697597	9188544

### 3.3 Skema Kerja

Tahapan kerja penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Alur Kerja Penelitian

Sesuai dengan gambar diagram alir di atas, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan observasi studi literatur dan melakukan observasi data SPT. Kemudian dilakukan survei pendahuluan dan membuat desain pengukuran VES. Kemudian dilakukan akuisisi data di titik pengukuran yang telah ditentukan. Setelah dilakukan akuisisi, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data VES dengan *software* IPI2WIN. Dari hasil pengolahan didapatkan penampang resistivitas 1D dan kemudian dilakukan korelasi antara data resistivitas dengan N-SPT.

### 3.3.1 Survei Pendahuluan dan Desain Pengukuran

Akuisisi dilakukan dengan metode resistivitas VES 1D dengan menggunakan metode Schlumberger. Panjang lintasan maksimum pengukuran adalah 100m karena target kedalaman yang diinginkan adalah  $\leq 30\text{m}$ . Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan survei lapangan. Letak titik pengukuran ditentukan oleh lokasi titik data bor SPT. Desain pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Desain Akuisisi Penelitian

No	AB/2	MN/2
1	1	0,25
2	1,5	0,25
3	1,5	0,5
4	2,5	0,5
5	3	0,5
6	4	0,5
7	5	0,5
8	5	1
9	6	1
10	7	1
11	8	1
12	9	1
13	10	1
14	10	2
15	12	2
16	14	2
17	15	2
18	16	2
19	18	2
20	20	2
21	20	5
22	22,5	5
23	25	5
24	27,5	5

25	30	5
26	32,5	5
27	35	5
28	37,5	5
29	40	5
30	42,5	5
31	45	5
32	47,5	5
33	50	5

### 3.3.2 Pengolahan Data

#### 3.3.2.1 Raw Data VES

Data yang diperoleh pada titik pengukuran yang terletak di rektorat tercantum pada tabel di bawah ini, untuk data hasil pengukuran lainnya terdapat pada lampiran.

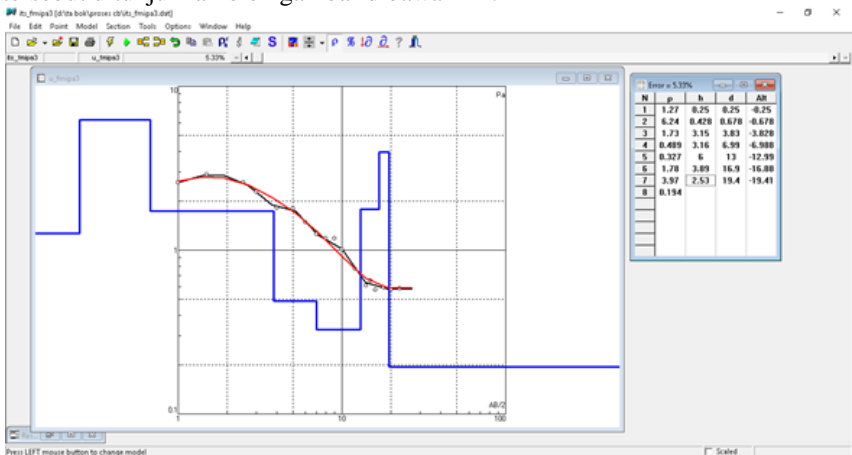
Tabel 3. 4 Hasil data pengukuran di rektorat

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	636	1351	2,77
2	1,5	0,25	13,75	291,1	1302	3,07
3	1,5	0,5	6,29	606	1302	2,93
4	2,5	0,5	18,86	191,1	1141	3,16
5	3	0,5	27,50	157	1326	3,26
6	4	0,5	49,50	79,6	1228	3,21
7	5	0,5	77,79	50,2	1291	3,02
8	5	1	37,71	112,9	1302	3,27
9	6	1	55,00	73,5	1385	2,92
10	7	1	75,43	38,3	1166	2,48
11	8	1	99,00	28,7	1285	2,21
12	9	1	125,71	20,7	1349	1,93
13	10	1	155,57	16,7	1507	1,72
14	10	2	75,43	37,2	1495	1,88
15	12	2	110,00	14,9	1039	1,58

16	14	2	150,86	11,6	1191	1,47
17	15	2	173,64	9,7	1058	1,59
18	16	2	198,00	5,4	671	1,59
19	18	2	251,43	3,8	492	1,65
20	20	2	311,14	3,3	523	1,96
21	20	5	117,86	8,3	590	1,81
22	22,5	5	151,25	6,6	627	1,8

### 3.3.2.2 Pengolahan dan Hasil Inversi

Data hasil akuisisi kemudian diolah dengan menggunakan IPI2WIN untuk didapatkan nilai resistivitas bawah permukaan. Pengolahan dengan software ini dilakukan dengan mencocokkan kurva *fitting* dengan kurva resistivitas semu data pengukuran untuk mendapatkan *true resistivity*. Proses tersebut ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 3. 4 Pencocokan kurva resistivitas semu data pengukuran dengan kurva *fitting*

### 3.3.2.3 Perhitungan Transverse Resistance

Setelah didapatkan *true resistivity*, maka dilakukan perhitungan *transverse resistance* sesuai dengan persamaan 10 yang terdapat pada bab 2. Kemudian dilakukan korelasi antara nilai resistivitas dengan N-SPT serta *transverse resistance* dengan N-SPT untuk mengetahui korelasi kedua parameter.

#### **3.3.2.4 Membuat korelasi N-SPT**

Korelasi nilai N-SPT pada tiap bor dibuat untuk mengetahui bagaimana hubungan N-SPT di tiap titik bor. Pembuatan korelasi dilakukan dengan menggunakan *software* Rockworks 16 dan Autocad Civil 2108. *Software* Autocad Civil 2108 digunakan untuk membuat alur lintasan pemotongan, sedangkan *software* Rockworks 16 digunakan agar didapatkan korelasi kelompok N-SPT di tiap *borehole*. Pengelompokan nilai N-SPT didasarkan pada tabel 2.1. Alur lintasan pemotongan ini secara berturut-turut adalah: Unair (FMIPA-Asrama-RS) kemudian menuju ITS (Jalan-PENS-Rektorat-Hidrodinamika-FTI-FMIPA) dan terakhir adalah Gunung Anyar (gl 03-gl10). Adapun jarak dari tiap titik secara berturut turut adalah 377.78m, 165.458m, 1430.347m, 686.847m, 527.531m, 476.97m, 307.548m, 405.217m, 5626.816m, dan 251.931m. Alur pemotongan ditunjukkan oleh gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Alur lintasan pemotongan melintang titik bor



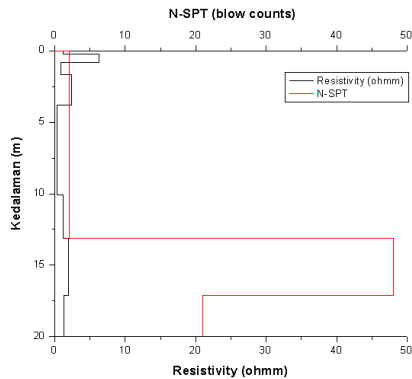
## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

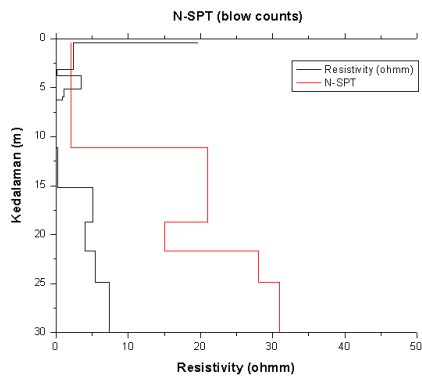
#### 4.1 Analisa Data

##### 4.1.2 Grafik Perbandingan dan Persamaan Resistivitas terhadap Kedalaman serta N-SPT

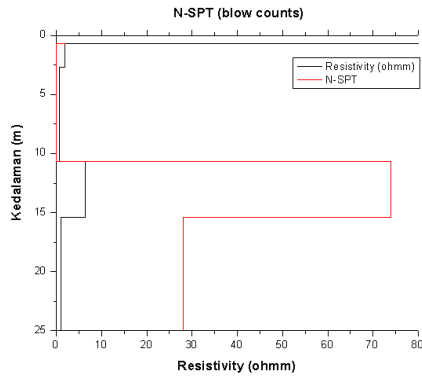
Setelah didapatkan nilai resistivitas, kemudian dilakukan perbandingan nilai resistivitas dan N-SPT terhadap kedalaman pada setiap titik VES berikut ini:



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 1 Grafik perbandingan resistivitas terhadap kedalaman dan N-SPT di lokasi Unair: FMIPA (a), Asrama (b), RS (c)

Tabel 4. 1 Lapisan tanah di area Unair

Lokasi	Kedalaman (m)	Keterangan
FMIPA	0,242	lempung berlanau
	0,805	lempung berlanau
	1,67	lempung berlanau
	3,81	lanau berlempung berpasir
	10,1	lanau berlempung berpasir
	13,1	pasir kerikil berlempung
	17,1	pasir berkerikil
	19,6	pasir berkerikil
	29,4	lempung
Asrama	3,1	lempung berlanau
	3,8	lempung berlanau
	5,1	lanau berpasir
	5,93	lanau berpasir
	6,27	pasir berlanau berlempung
	11,12	lempung berlanau
	15,2	lempung berlanau

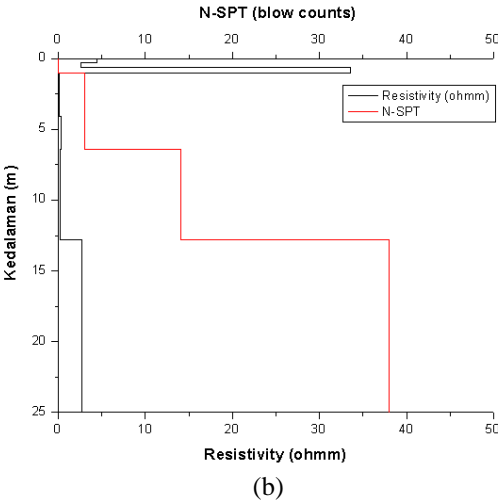
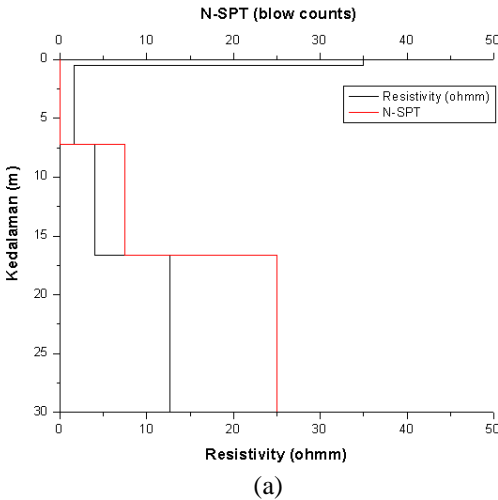
	18,74	pasir lanau berlempung
	21,68	pasir berlanau
	24,85	pasir berlanau
	30	pasir berlanau
RS	2,65	lempung berlanau
	10,7	lempung berlanau
	15,4	pasir berlempung berlanau
	30,6	pasir berlempung berlanau

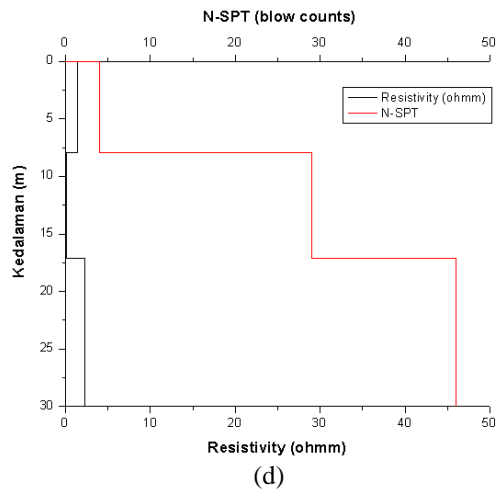
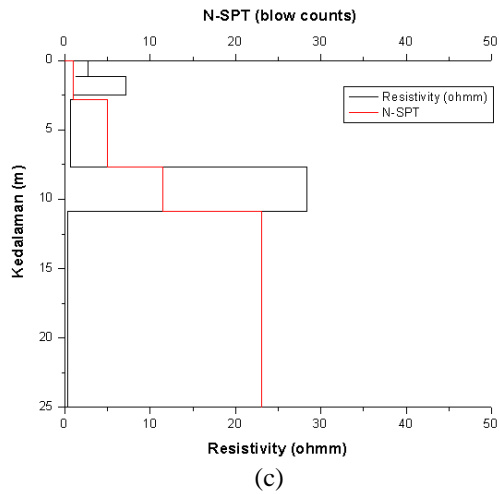
Pada area Unair dilakukan pengambilan 3 titik data VES. Tabel 4.1 merupakan tabel lapisan tanah dari data bor pada wilayah Unair yang didasarkan pada ketebalan lapisan bawah permukaan dari nilai resistivitas yang didapatkan. Dari tabel tersebut diketahui bahwa wilayah Unair didominasi oleh lempung dan pasir. Titik VES Asrama dan VES RS terletak di dekat rawa yang terletak di samping R.S Penyakit Tropis Unair.

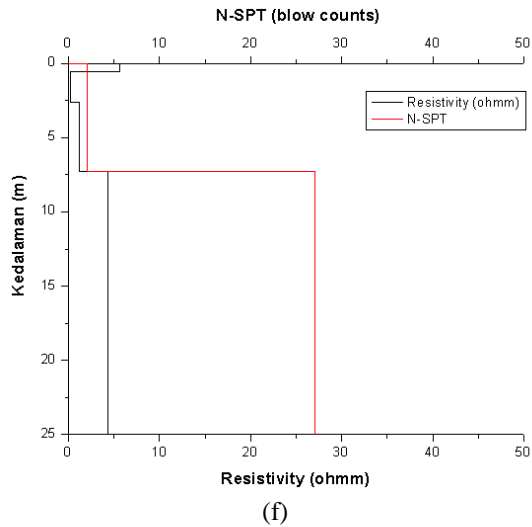
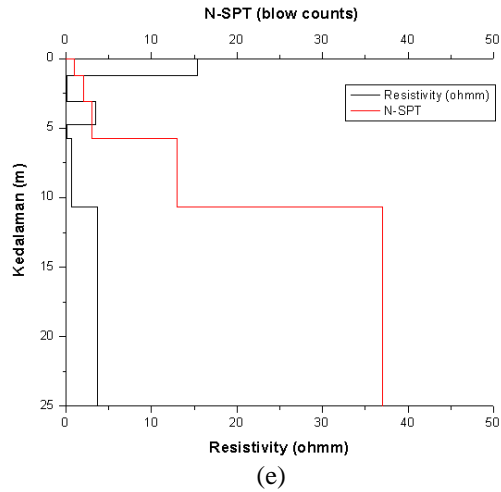
Titik VES FMIPA didominasi oleh lempung dan pasir. Pada gambar 4.1(a) nilai resistivitas yang kecil di kedalaman 0m-0,242m adalah 1,21 ohmm untuk lapisan tanah lempung berlanau. Nilai resistivitas menunjukkan angka yang kecil karena pengambilan data dilakukan beberapa saat setelah terjadi gerimis. Nilai resistivitas yang kecil juga terjadi pada kedalaman 0,8m hingga 29,4m dengan nilai 0,2 ohmm hingga 2,35 ohmm dan nilai N-SPT yang bervariasi (2-48). Titik VES Asrama didominasi oleh lempung dan pasir, sedangkan titik VES RS didominasi oleh lempung dan pasir. Gambar 4.1(b) menunjukkan bahwa nilai resistivitas kecil di kedalaman 3,1m hingga 15,2m dengan nilai resistivitas 0,1-1,1 ohmm dan nilai N-SPT 2-21. Nilai resistivitas yang kecil yang ditunjukkan oleh gambar 4.1(c) terletak di kedalaman 0,6m hingga 10,7m dengan nilai resistivitas 0,7-1,9 ohmm dan nilai N-SPT 0-2, kemudian pada kedalaman 15,4m hingga 30,6m memiliki nilai resistivitas 1,05 ohmm dengan nilai N-SPT yang bervariasi (21-36). Nilai resistivitas yang kecil tersebut menunjukkan bahwa lapisan tanah yang terdapat didalam titik tersebut merupakan tanah basah.

Hasil pengolahan inversi menunjukkan bahwa variasi resistivitas di daerah ini adalah 0,01 hingga 7 ohmm. Pada kedalaman 1,67m-30m didapatkan nilai resistivitas yang rendah, yaitu antara 0,01-0,9 ohmm. Nilai resistivitas dengan nilai hampir 0 mengindikasikan terdapatnya kandungan air yang jenuh pada lapisan tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan didapatkan nilai resistivitas

pasir adalah diantara 4-7,5 ohmm, sedangkan nilai resistivitas lempung bervariasi yakni 0,1-6 ohmm.







Gambar 4. 2 Grafik perbandingan resistivitas terhadap kedalaman dan n-spt di area ITS: Jalan (a), PENS (b), Rektorat (c), Hidrodinamika (d), FTI (e), dan FMIPA (f)

Tabel 4. 2 Lapisan tanah di area ITS

Lokasi	Kedalaman (m)	Keterangan
Jalan	0,5	pasir berlanau

	7,21	lempung berlanau
	16,6	lempung berpasir
	30	pasir berlanau
PENS	0,285	lempung berlanau
	0,6	lempung berlanau
	0,98	pasir halus berlempung
	4,08	lempung berpasir
	6,44	lempung berpasir
	12,8	lempung
	32	pasir berlanau
Rektorat	1,14	lempung berlanau
	1,18	lempung berlanau
	2,51	lempung berlanau
	2,81	lempung berlanau
	7,7	lempung berpasir
	10,9	pasir
	29,2	lempung berpasir
Hidrodinamika	7,91	lempung berpasir
	17,1	lempung berlanau berpasir
	31,9	lempung berlanau
FTI	1,2	pasir berlempung
	3,11	lempung berpasir
	4,74	pasir berlempung
	5,74	lempung
	10,7	pasir berlempung
	30	pasir berlempung
FMIPA	2,63	pasir berlempung
	7,31	lempung berpasir
	28	lempung lanau berpasir
	30	lanau lempung berpasir

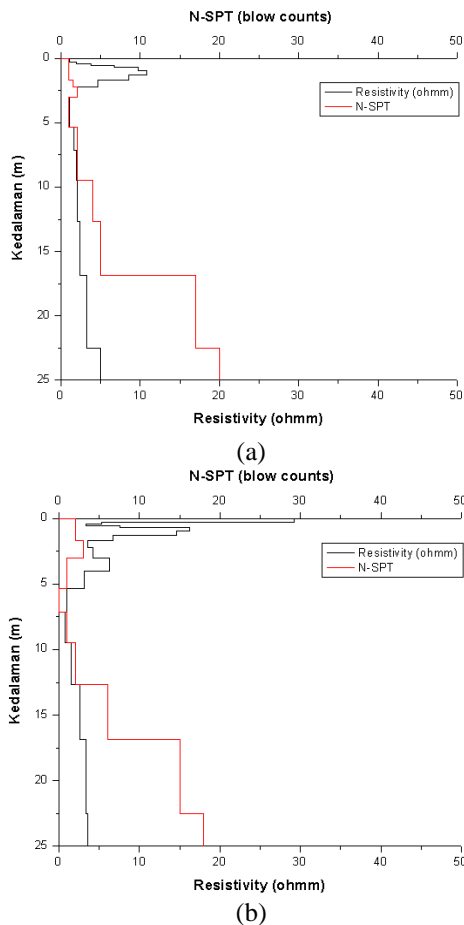
Pada daerah ITS terdapat 6 titik pengukuran VES, sehingga jenis tanah yang terdapat di area ITS lebih bervariasi apabila dibandingkan dengan variasi jenis tanah yang terdapat di area Unair. Berdasarkan tabel 4.2, titik VES Jalan didominasi oleh lempung dan pasir sedangkan pada titik VES PENS didominasi oleh lempung. Berdasarkan gambar 4.2 (a), pada kedalaman 0,5m-7,21m didapatkan nilai resistivitas yang kecil, yakni 1,63 ohmm dengan nilai N-SPT adalah 0. Berdasarkan data bor, terdapat muka air tanah di kedalaman 1,58m. Pada gambar 4.2(b), nilai resistivitas yang kecil terdapat di kedalaman 0,285m-0,6m dengan nilai resistivitas 2,61 ohmm dan nilai N-SPT adalah 1. Pada kedalaman 0,98-32m memiliki nilai rentang resistivitas 0,1-2,7 dengan nilai N-SPT yang bervariasi antara 3-50. Nilai resistivitas di bawah 1 pada kedalaman 0,98m-32m mengindikasikan bahwa tanah yang terdapat pada kedalaman adalah jenuh air. Hal tersebut juga didukung dengan data bor yang menunjukkan bahwa di kedalaman 0,5m terdapat muka air tanah.

Pada titik VES Rektorat yang berdominasi lempung, dilakukan pengukuran setelah terjadi hujan gerimis. Berdasarkan gambar 4.2(c), pada kedalaman 2,51m hingga 7,7m terdapat nilai resistivitas yang kecil, yakni 0,58-0,94 ohmm dengan nilai N-SPT 5. Nilai resistivitas pada kedalaman 10,9m hingga 29,2m adalah 0,3 ohmm dengan nilai N-SPT 5. Nilai resistivitas yang kurang dari 1 mengindikasikan bahwa lapisan tanah dalam titik tersebut dalam keadaan jenuh air. Gambar 4.2(d) merupakan grafik perbandingan antara resistivitas dengan N-SPT di area Hidrodinamika yang didominasi oleh lempung. Nilai resistivitas pada kedalaman 7,9m-17m adalah 0,11 ohmm dengan nilai N-SPT adalah 4-9. Gambar 4.2(e) merupakan grafik perbandingan resistivitas dengan N-SPT di area FTI yang didominasi oleh pasir. Nilai resistivitas di kedalaman 1,2m hingga 10,7m adalah 0,1-3,47 ohmm dengan nilai N-SPT adalah 1-3. Nilai resistivitas dengan nilai kurang dari 1 mengindikasikan lapisan tanah jenuh air, hal tersebut juga didukung oleh data bor yang menunjukkan bahwa muka air tanah terdapat pada kedalaman 1,35m. Gambar 4.2(f) merupakan grafik perbandingan resistivitas dengan N-SPT di area FMIPA dengan dominasi lempung. Nilai resistivitas pada kedalaman 0,5m-28m adalah 0,2-5,6 ohmm dengan nilai N-SPT antara 1-50. Nilai resistivitas di bawah 1 mengindikasikan tanah jenuh air, hal tersebut juga didukung dengan data bor yang menunjukkan terdapat muka air tanah di kedalaman 0,75m.

Berdasarkan tabel 4.2 didapatkan bahwa area ITS memiliki lapisan tanah yang bervariasi dan bercampur, dengan didominasi oleh lempung dengan rentang resistivitas yakni 0,1-7 ohmm, untuk tanah pasir memiliki resistivitas 12-



33 ohmm. Nilai resistivitas dengan nilai kurang dari 1 ohmm diindikasikan terdapat lapisan tanah jenuh air pada kedalaman tersebut.



Gambar 4. 3 Grafik perbandingan resistivitas terhadap kedalaman dan N-SPT di area Gunung Anyar: GL 03 (a), GL 10 (b)

Tabel 4. 3 Lapisan tanah di area Gunung Anyar

Lokasi	Kedalaman (m)	Keterangan
GL 03	0,3	lempung
	0,4	lempung

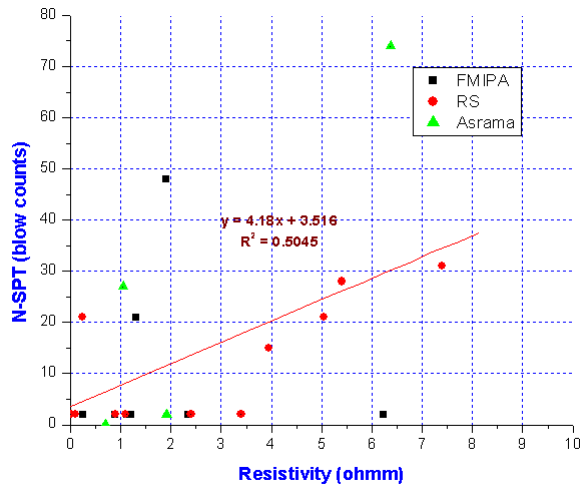
	0,533	lempung
	0,711	lempung
	0,949	lempung
	1,265	lempung
	1,687	lempung
	2,25	pasir
	3	pasir
	4,001	pasir
	5,335	lempung
	7,114	lempung
	9,487	lempung
	12,651	lempung berpasir
	16,87	lempung
	22,497	lempung
	30	lempung
GL 10	0,3	lempung
	0,4	lempung
	0,533	lempung
	0,711	lempung
	0,949	lempung
	1,265	lempung
	1,687	lempung
	2,25	lempung
	3	lempung
	4,001	pasir
	5,335	pasir
	7,114	lempung
	9,487	lempung
	12,651	lempung
	16,87	lempung berpasir
	22,497	lempung
	30	lempung berpasir

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa daerah Gunung Anyar didominasi oleh lempung. Nilai resistivitas lempung yang didapatkan berkisar antara 0,9-29 ohmm dan nilai resistivitas pasir antara 2,25-12,6 ohmm.

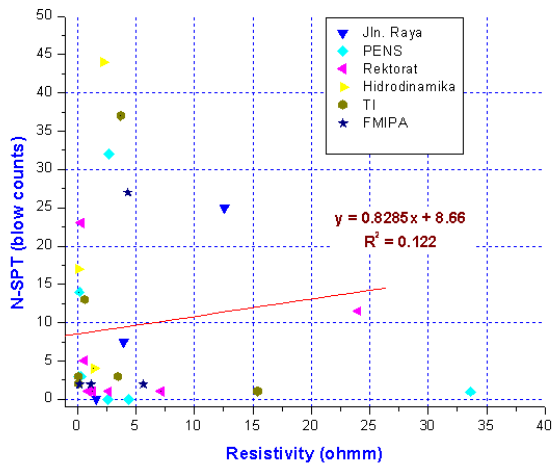
Tabel 4. 4 Nilai resistivitas terhadap kedalaman di Desa Guluk-Guluk, Sumenep, Madura

<b>Titik VES</b>	<b>Resistivitas</b>	<b>Kedalaman</b>	<b>N-SPT</b>
GI	130	0,62	50
	3900	5,9	50
	556.7	30	50
GII	120	5	50
	1800	10,5	50
	275	30	50
GIII	100	2,1	50
	500	8	50
	640	30	50
GIV	200	0,75	50
	1000	10,1	50
	600	30	50

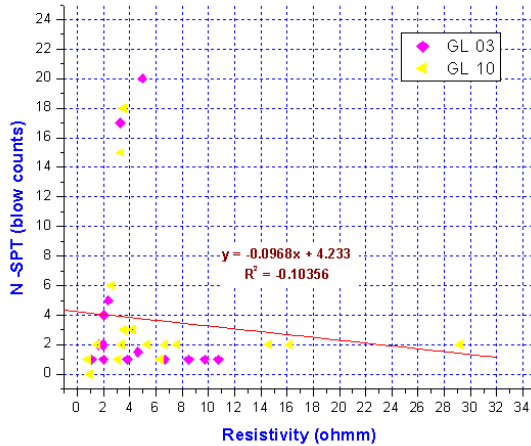
Pada daerah Madura didapatkan nilai resistivitas yang sangat tinggi, yakni diatas 100 ohmm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada daerah tersebut didominasi oleh batuan keras. Hal tersebut juga didukung oleh nilai N-SPT, yakni bernilai 50 semua.



(a)



(b)

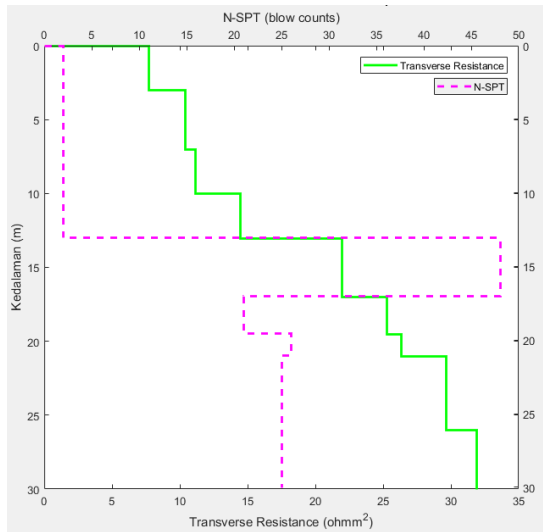


(c)

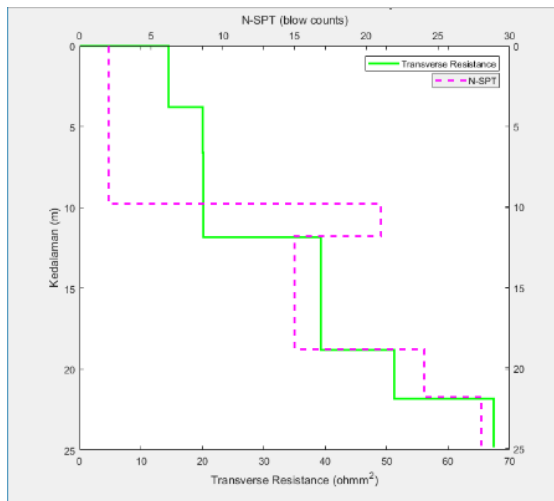
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan dan persamaan resistivitas terhadap kedalaman di area: Unair (a), ITS (b), dan Gunung Anyar (c)

Setelah dilakukan perbandingan grafik antara resistivitas dan N-SPT terhadap kedalaman, kemudian dilakukan perbandingan grafik resistivitas terhadap N-SPT seperti yang ditampilkan gambar 4.4. Hasil grafik menunjukkan bahwa daerah Unair memiliki hubungan korelasi yang paling tinggi dan diperoleh persamaan  $y=4,18x+3,516$  dengan nilai  $r^2=0,545$ . Pada daerah ITS didapatkan persamaan  $y=0,1x+15,55$  dengan  $r^2 = 0,28$ . Pada daerah Gunung Anyar memiliki nilai gradien yang minus, yakni  $-0,097$ .

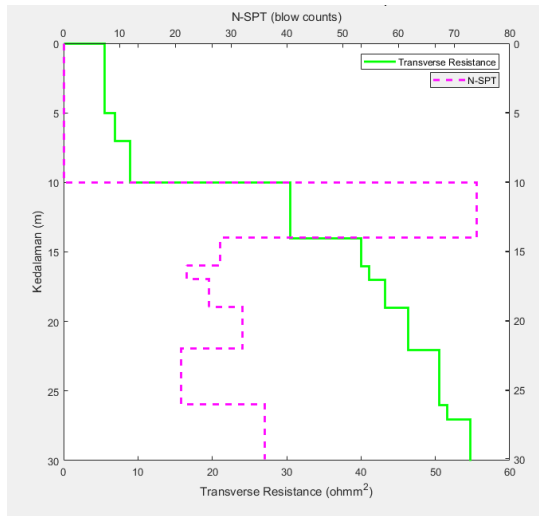
#### 4.1.3 Grafik Perbandingan dan Persamaan *Transverse Resistance* dan N-SPT terhadap Kedalaman



(a)



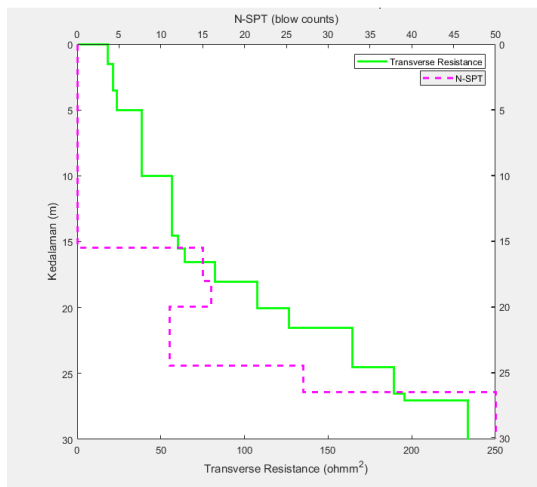
(b)



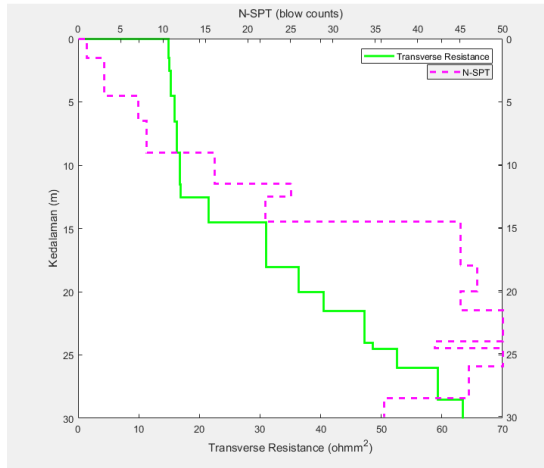
(c)

Gambar 4. 5 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan N-SPT terhadap kedalaman di area Unair: FMIPA (a), Asrama (b), dan RS (c)

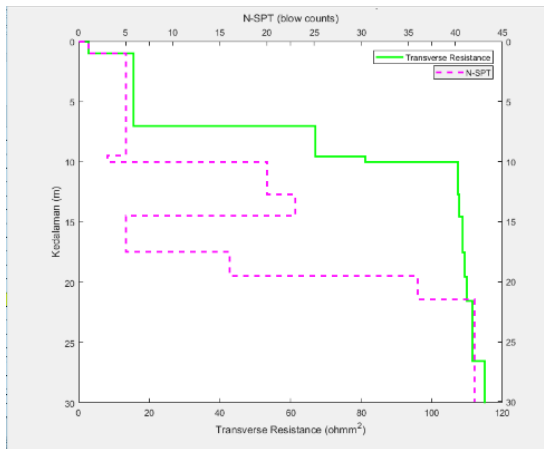
Hubungan antara N-SPT dengan *transverse resistance* terhadap kedalaman menunjukkan hubungan yang cukup linear. Pada titik bor asrama terlihat bahwa kenaikan nilai N-SPT berangsur-angsur naik (gambar 4.5(b)), sedangkan nilai N-SPT pada titik di FMIPA dan RS mengalami perubahan naik dan turun (gambar 4.5(a) dan gambar 4.5(c)). Nilai N-SPT pada area FMIPA dan RS mengalami naik turun secara drastis.



(a)

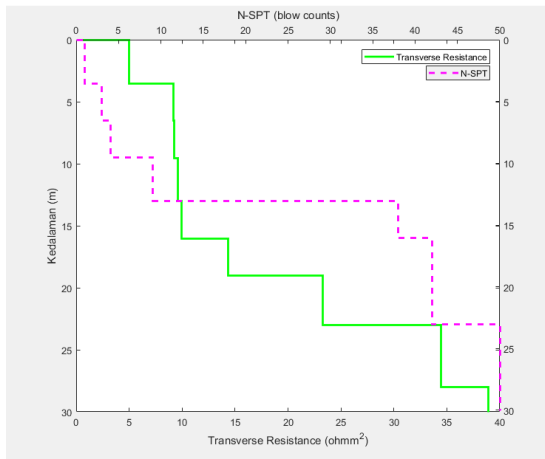


(b)

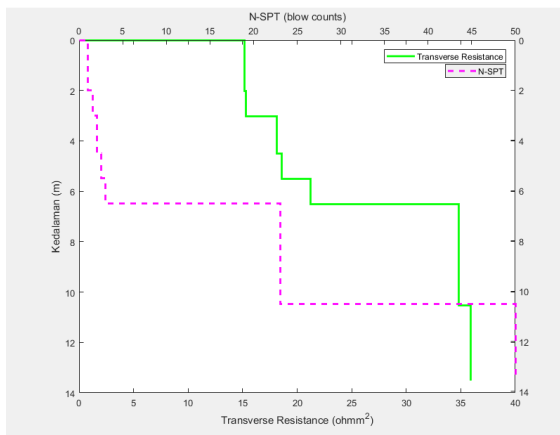


(c)

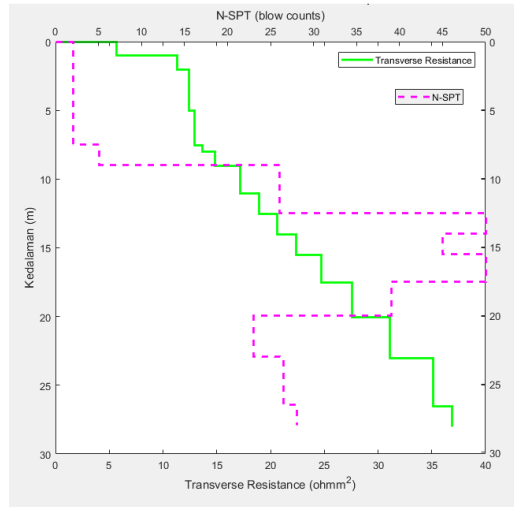




(d)



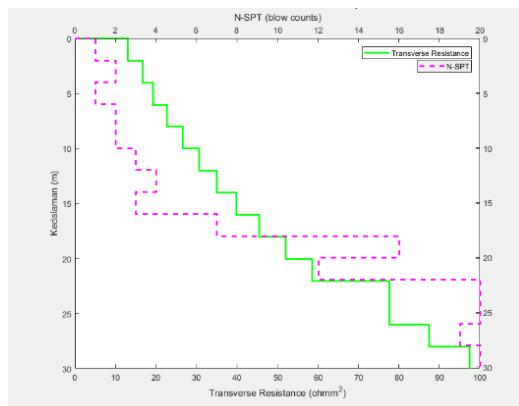
(e)



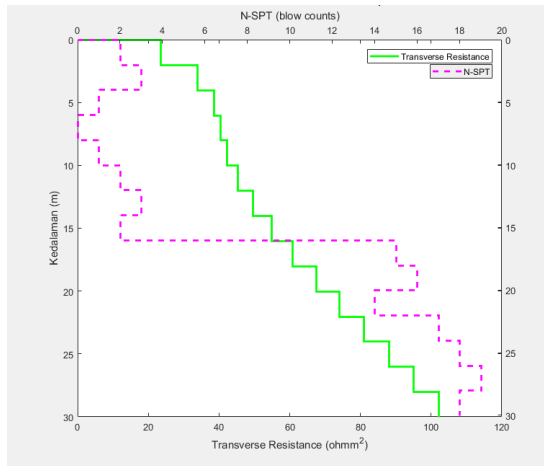
(f)

Gambar 4. 6 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan N-SPT terhadap kedalaman di area ITS: Jalan (a), PENS (b), Rektorat (c), Hidrodinamika (d), FTI (e), dan FMIPA (f)

Pada daerah ITS, didapatkan nilai *transverse resistance* yang naik sedangkan nilai pada N-SPT mengalami perubahan naik dan turun. Perubahan kenaikan dan penurunan N-SPT pada masing-masing titik tidak diikuti juga oleh perubahan pada nilai *transverse resistance*. Berdasarkan gambar 4.6 terlihat bahwa perubahan nilai N-SPT mengalami perubahan yang drastis.



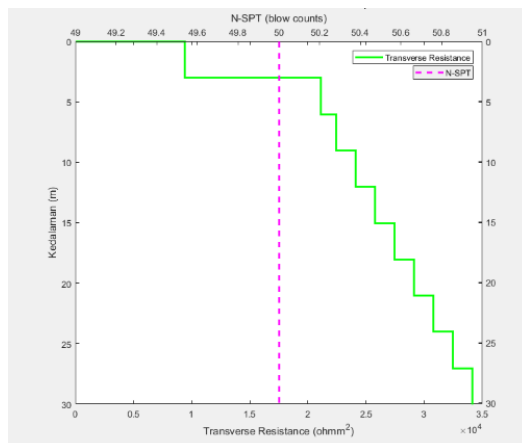
(a)



(b)

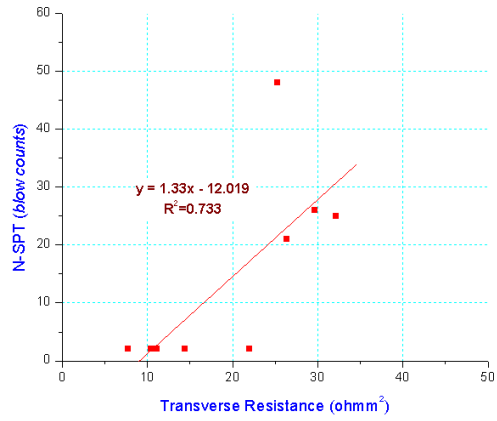
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan N-SPT terhadap kedalaman di area Gunung Anyar: GL 03 (a), dan GL 10 (b)

Pada daerah Gunung Anyar, nilai *transverse resistance* selalu naik (gambar 4.7(a) dan gambar 4.7(b)) dengan nilai hingga 100 ohmm<sup>2</sup>. Nilai N-SPT pada area Gunung Anyar adalah kurang dari 20.

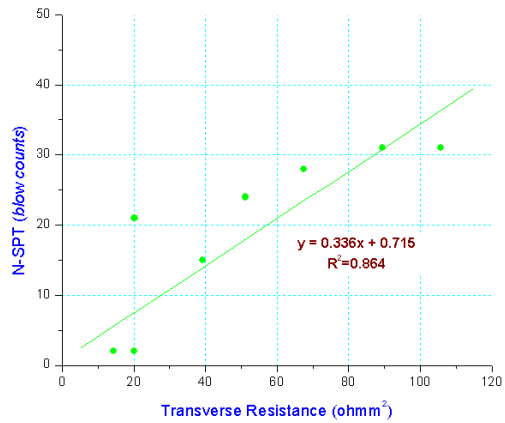


Gambar 4. 8 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan N-SPT terhadap kedalaman di Madura

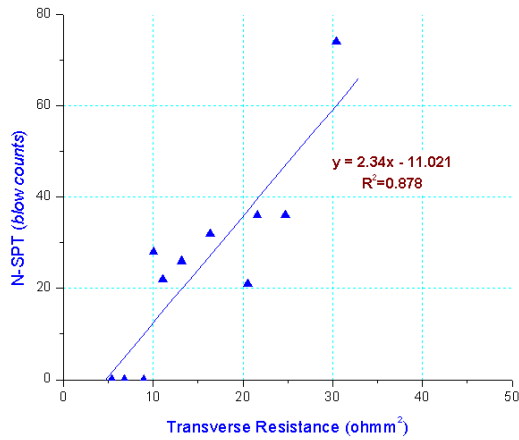
Grafik perbandingan *transverse resistance* dengan N-SPT di Madura menunjukkan ketidakhubungan diantara kedua parameter.



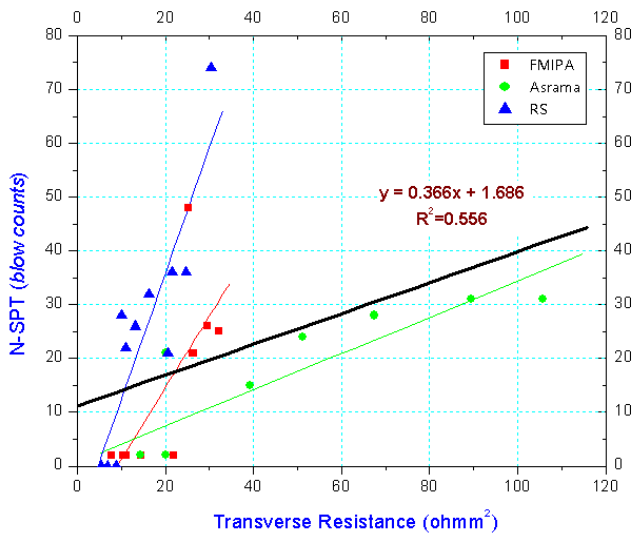
(a)



(b)



(c)

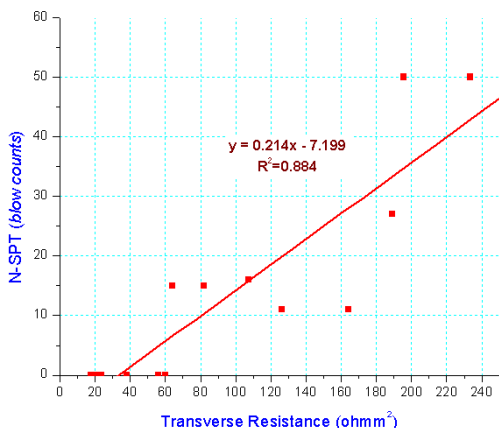


(d)

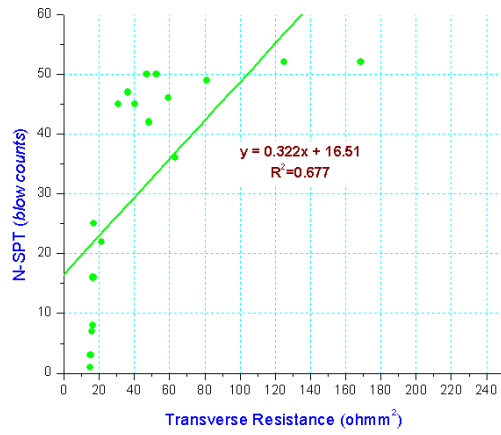
Gambar 4. 9 Grafik persamaan *transverse resistance* dengan N-SPT di area Unair : FMIPA(a), Asrama (b), RS (c), dan gabungan (d)

Gambar 4.9 (a), (b), dan (c) merupakan grafik persamaan *transverse resistance* dengan N-SPT di tiap titik. Hasil tersebut menunjukkan korelasi yang baik

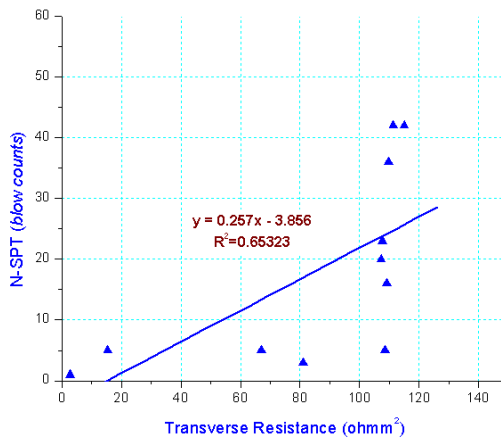
diantara kedua parameter. Pada titik FMIPA dan RS didapatkan nilai *transverse resistance* maksimum adalah kurang dari 40ohmm<sup>2</sup>, sedangkan pada titik Asrama nilai *transverse resistance* maksimumnya adalah kurang dari 120 ohmm<sup>2</sup>. Korelasi paling buruk terdapat pada titik FMIPA yang berdominasi lempung dan pasir. Nilai *transverse resistance* yang kecil dipengaruhi oleh kandungan lempung serta kandungan air di dalam tanah, dimana pada titik Asrama diperkirakan terdapat lapisan tanah yang jenuh air pada kedalaman 3,1m hingga 15,2m. Berbeda dengan titik FMIPA yang diperkirakan tanah dengan kandungan jenuh air pada kedalaman 0,8m hingga 29,4m dan titik RS pada kedalaman 0,6m hingga 10,7m dan 15,4m hingga 30,6m. Grafik gabungan persamaan kedua parameter (gambar 4.9(d)) menghasilkan korelasi yang kecil dikarenakan nilai dari *transverse resistance* yang berbeda-beda di tiap titik, serta jenis tanah dan faktor kandungan air didalam tanah. Berdasarkan gambar 4.9(d), dominasi nilai N-SPT di area Unair adalah 0-40.



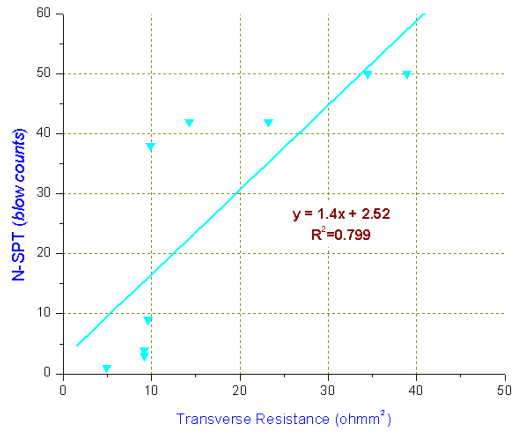
(a)



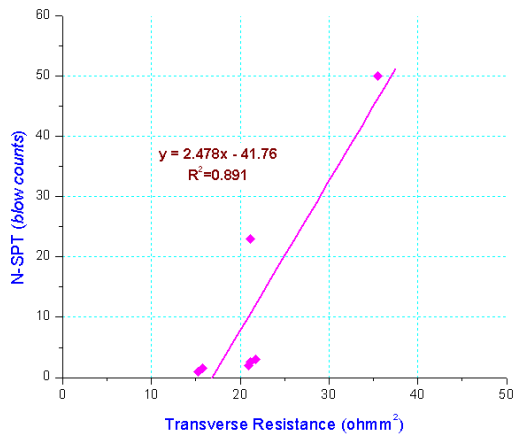
(b)



(c)

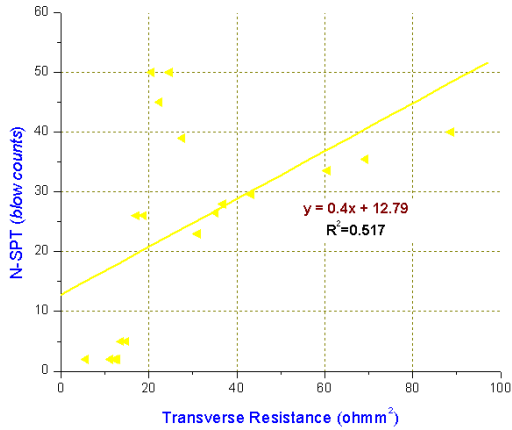


(d)

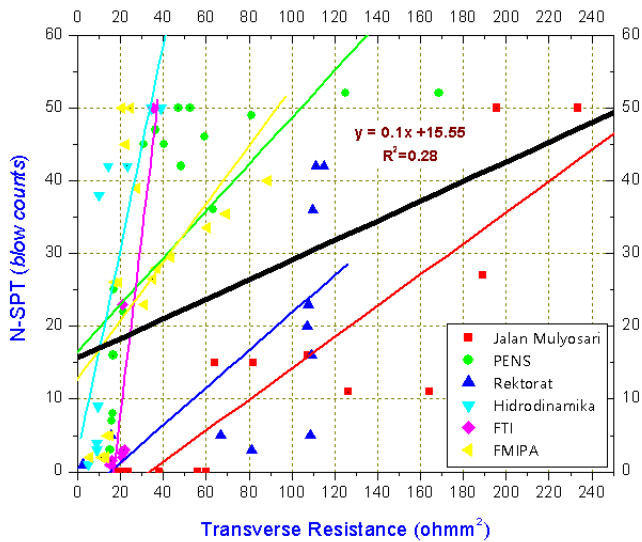


(e)





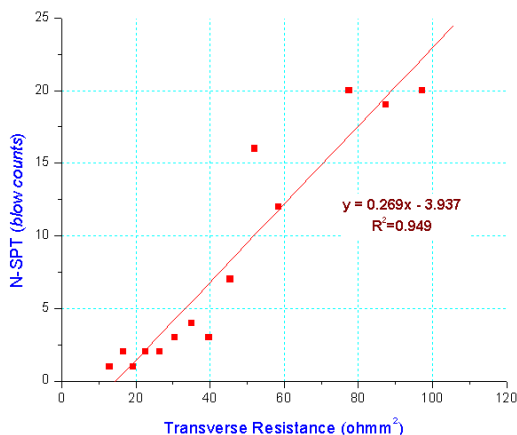
(f)



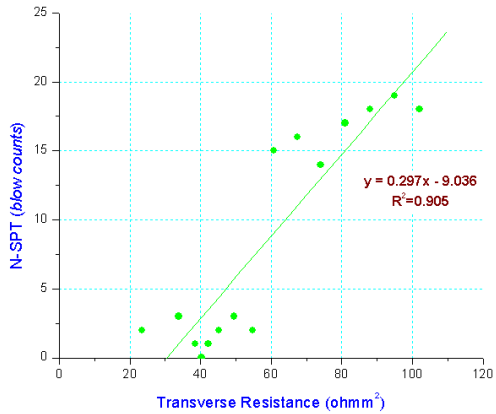
(g)

Gambar 4. 10 Grafik persamaan *transverse resistance* dengan N-SPT di area ITS: Jalan (a), PENS(b), Rektorat(c), Hidrodinamika(d), FTI(e), FMIPA(f), dan gabungan(g)

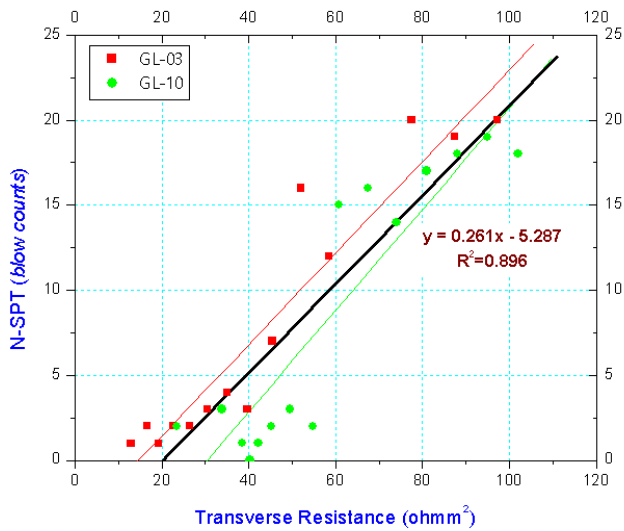
Gambar 4.10 (a), (b), (c), (d), (e), dan (f) merupakan grafik persamaan *transverse resistance* dengan N-SPT di tiap titik. Hasil korelasi di tiap titik menunjukkan korelasi yang cukup baik diantara kedua parameter. Nilai *transverse resistance* di tiap titik memiliki nilai maksimum yang berbeda-beda. Titik Hidrodinamika yang didominasi oleh lempung dan FTI yang berdominasi pasir berlempung memiliki nilai *transverse resistance* maksimum yang terkecil, kurang dari 40 ohmm<sup>2</sup>. Pada titik FTI diperkirakan terdapat tanah basah pada kedalaman 1,2m-10,7m. Nilai *transverse resistance* maksimum paling besar dari keenam titik adalah pada titik Jalan Mulyosari dengan nilai kurang dari 240 ohmm<sup>2</sup>. Korelasi paling buruk terdapat pada titik FMIPA yang berdominasi lempung dan pasir. Lokasi FMIPA yang berdominasi lempung memiliki nilai korelasi yang tidak terlalu tinggi. Pada kedalaman 0,5m-28m dilokasi FMIPA diindikasikan terdapat lapisan tanah yang jenuh air. Korelasi yang tinggi terdapat pada titik FTI dan titik Jalan Mulyosari dengan dominasi tanah lempung dan pasir yang diperkirakan terdapat tanah basah pada kedalaman 2,51m-7,7m. Grafik gabungan persamaan kedua parameter (gambar 4.10(g)) menghasilkan korelasi yang kecil di antara kedua parameter, hal ini dikarenakan nilai *transverse resistance* yang berbeda-beda di tiap titik. Selain itu dominasi nilai N-SPT di wilayah ITS adalah antara 0-50.



(a)



(b)

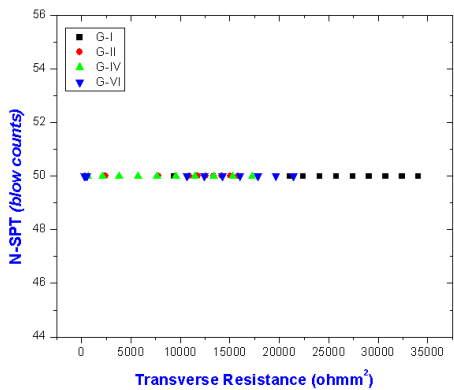


(c)

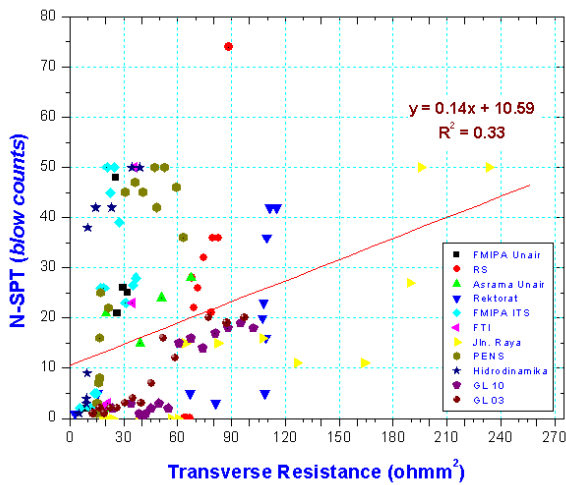
Gambar 4. 11 Grafik persamaan *transverse resistance* dengan N-SPT di area Gunung Anyar: GL-03(a), GL-10(b), dan gabungan(c)

Gambar 4.11 (a) dan gambar 4.11 (b) menunjukkan korelasi yang tinggi diantara kedua parameter, hasil persamaan gabungan dari GL-03 dan GL-10 juga

menghasilkan korelasi yang tinggi (gambar 4.11(c)). Nilai N-SPT maksimum di lokasi Gunung Anyar tidak lebih sama dengan 20 untuk dominasi tanah lempung. Berbeda dengan nilai N-SPT yang terletak di area Unair dan ITS dengan variasi nilai N-SPT hingga 74 (dominasi nilai N-SPT antara 0-50).

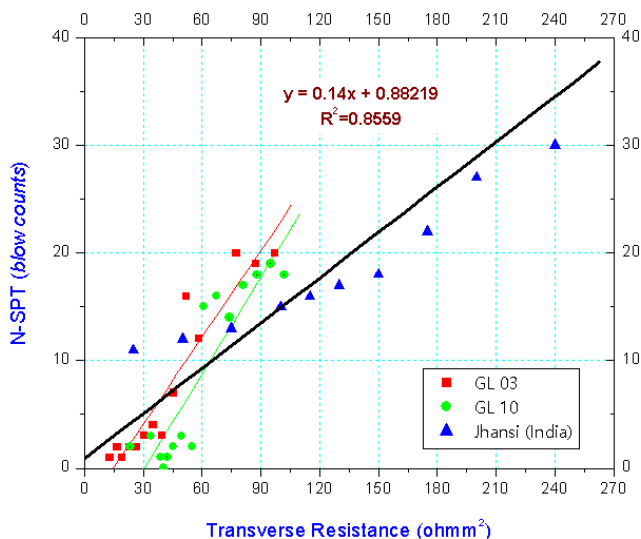


Gambar 4. 12 Grafik perbandingan *transverse resistance* terhadap N-SPT di Madura



Gambar 4. 13 Grafik persamaan hubungan antara N-SPT dengan *transverse resistance* di area Surabaya

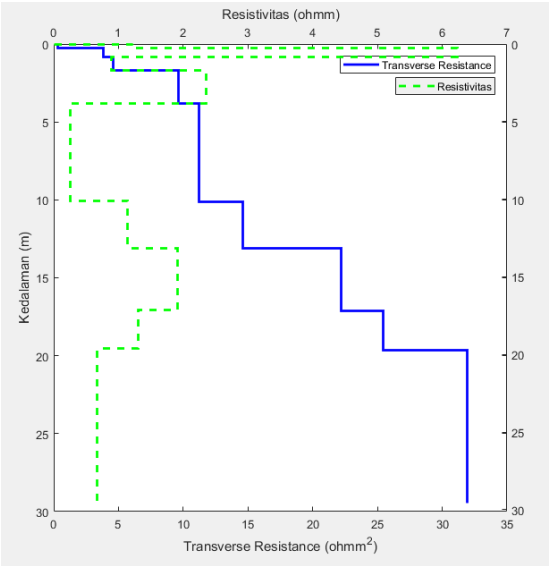
Gambar 4.9 hingga 4.11 merupakan grafik perbandingan antara *transverse resistance* dengan N-SPT pada tiap area yang ada di Surabaya, sedangkan gambar 4.13 merupakan gabungan dari grafik perbandingan yang ditunjukkan oleh gambar 4.9 hingga 4.11. Untuk perbandingan grafik antara *transverse resistance* dengan N-SPT pada area Unair didapatkan persamaan  $y = 4,18x + 3,516$  dengan  $r^2 = 0,5045$ . Untuk area ITS adalah  $y = 0,1x + 15,55$  dengan  $r^2 = 0,28$  dan area Gunung Anyar yaitu  $y = 0,261x - 5,287$  dengan nilai  $r^2 = 0,896$ . Dari hasil perbandingan antara *transverse resistance* dengan N-SPT diketahui bahwa area Gunung Anyar memiliki hubungan persamaan yang paling linear. Untuk area Madura yang memiliki geologi batu gamping, hasil korelasi antara resistivitas dan *transverse resistance* terhadap N-SPT tidak menunjukkan adanya hubungan, hal ini dikarenakan nilai N-SPT menghasilkan angka yang tetap. Gambar 4.14 dibawah ini menunjukkan korelasi pada 11 titik bor yang didasarkan pengelompokkan N-SPT pada tabel 2.1. Dari hasil gambar tersebut terlihat pada area ITS memiliki korelasi pengelompokkan N-SPT yang sangat kompleks. Data lapisan tanah yang ditunjukkan pada tabel 4.2 juga menunjukkan ITS memiliki lapisan tanah yang bervariasi. Gambar 4.14 merupakan gambar korelasi pengelompokkan N-SPT berdasarkan tabel 2.1 yang terdapat di bab dasar teori. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada area Unair, ITS dan Gunung Anyar N-SPT akan terus meningkat seiring dengan kedalamannya.



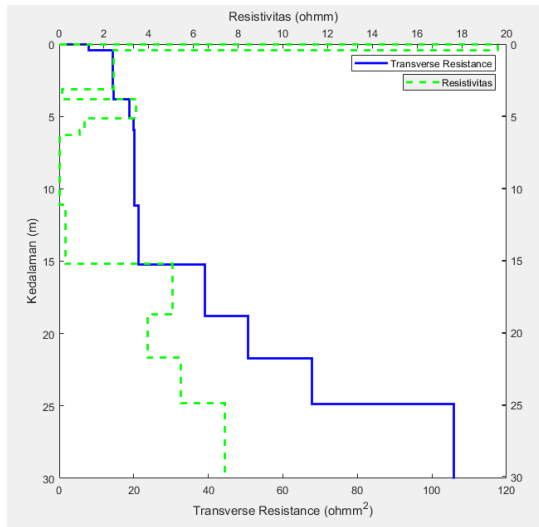
Gambar 4. 14 Grafik persamaan gabungan antara *transverse resistance* dengan N-SPT di wilayah Gunung Anyar dan Jhansi (India)

Gambar 4.17 merupakan grafik gabungan persamaan *transverse resistance* dengan N-SPT di wilayah Gunung Anyar dan Jhansi (India) yang terdapat pada gambar 2.6. Wilayah penelitian pada Jhansi (India) adalah pada tanah dengan kandungan lempung yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan wilayah Aligarh. Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa wilayah Jhansi menghasilkan trend tertentu dengan rentang nilai N-SPT 10-30 dan nilai *transverse resistance* maksimum adalah 240 ohmm<sup>2</sup>. Penggabungan kedua data dengan daerah yang berbeda menghasilkan korelasi yang cukup baik, dengan nilai R<sup>2</sup> adalah 0,856

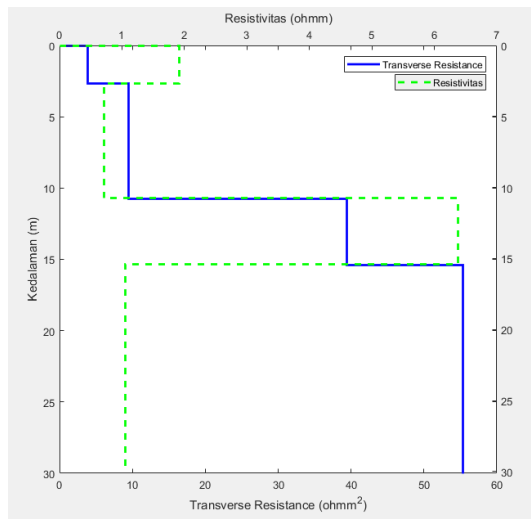
#### 4.1.4 Grafik Perbandingan *Transverse Resistance* dan Resistivitas terhadap Kedalaman



(a)



(b)

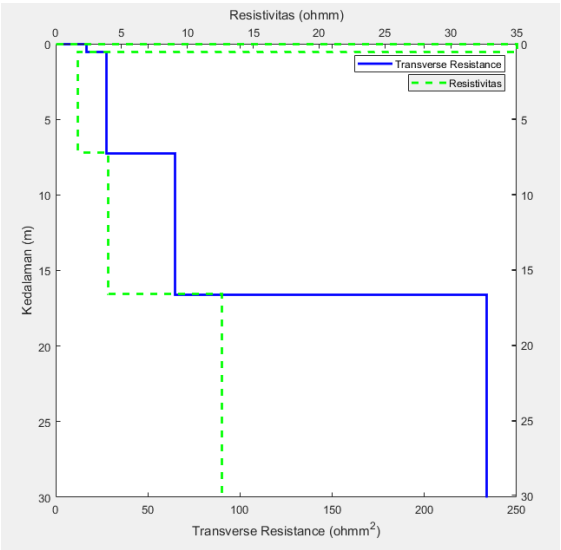


(c)

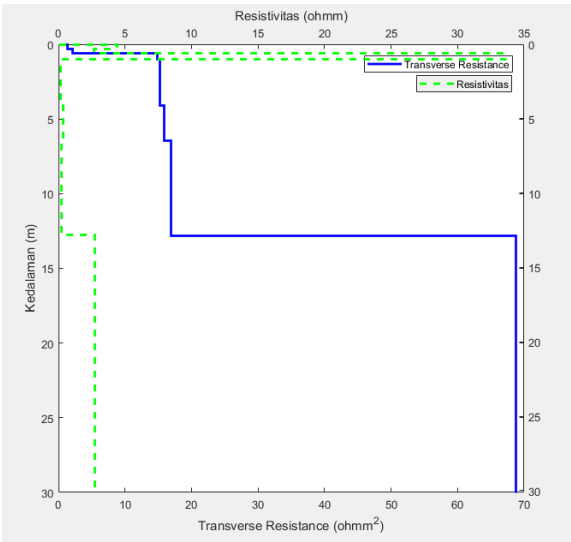
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan resistivitas terhadap kedalaman di area Unair : FMIPA(a), Asrama (b), RS (c)

Setelah didapatkan persamaan hubungan antara *transverse resistance* dan N-SPT, kemudian dilakukan *plotting* grafik perbandingan nilai resistivitas

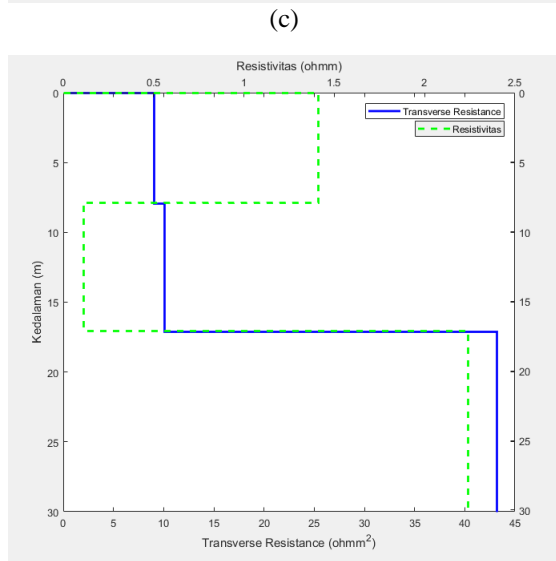
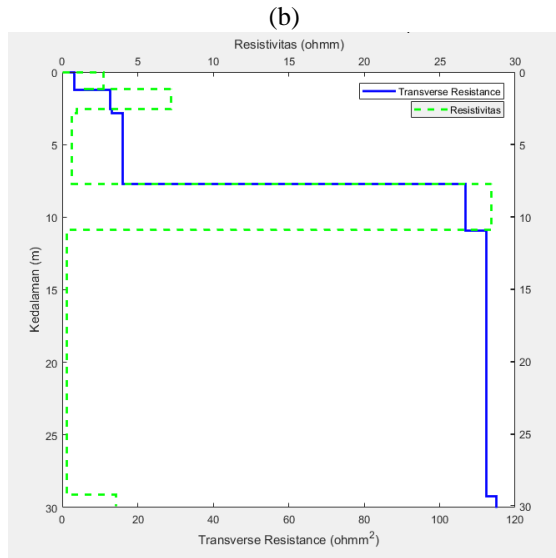
dan *transverse resistance* terhadap kedalaman yang digambarkan oleh gambar 4.14, gambar 4.15, dan 4.16. Grafik perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana nilai resistivitas dan *transverse resistance* di kedalaman tertentu. Gambar 4.14 menunjukkan bahwa wilayah Unair memiliki nilai resistivitas yang naik turun dan nilai *transverse resistance* yang selalu naik.



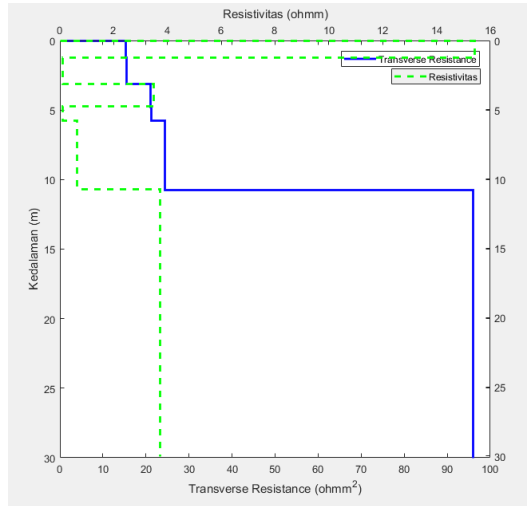
(a)



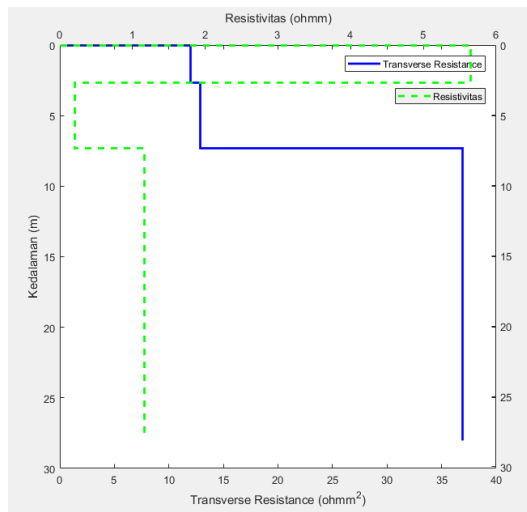




(d)



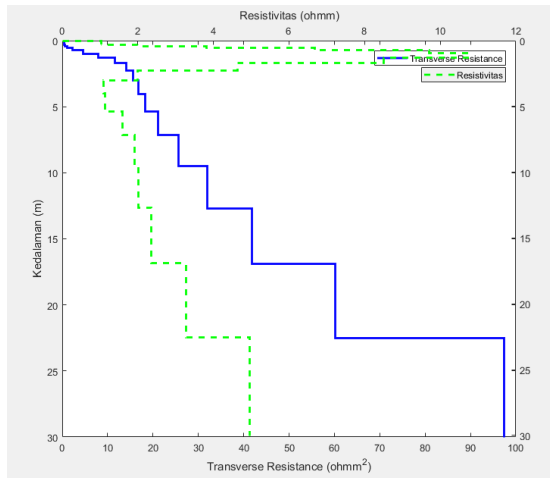
(e)



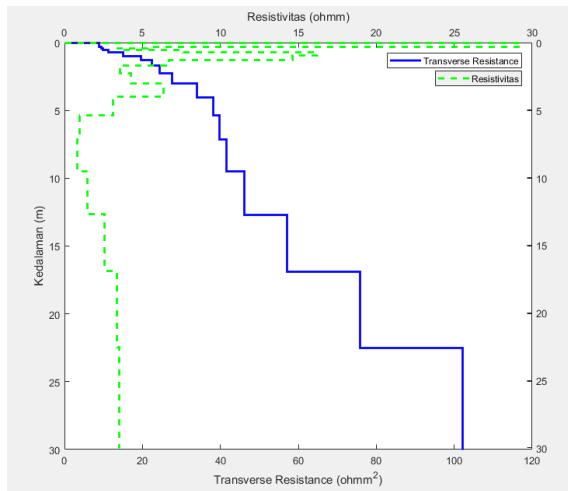
(f)

Gambar 4. 16 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan resistivitas terhadap kedalaman dengan N-SPT di area ITS: Jalan (a), PENS(b), Rektorat(c), Hidrodinamika(d), FTI(e), FMIPA(f)

Gambar 4.15 menunjukkan nilai resistivitas yang naik turun di wilayah ITS dan nilai *transverse resistance* yang selalu naik.



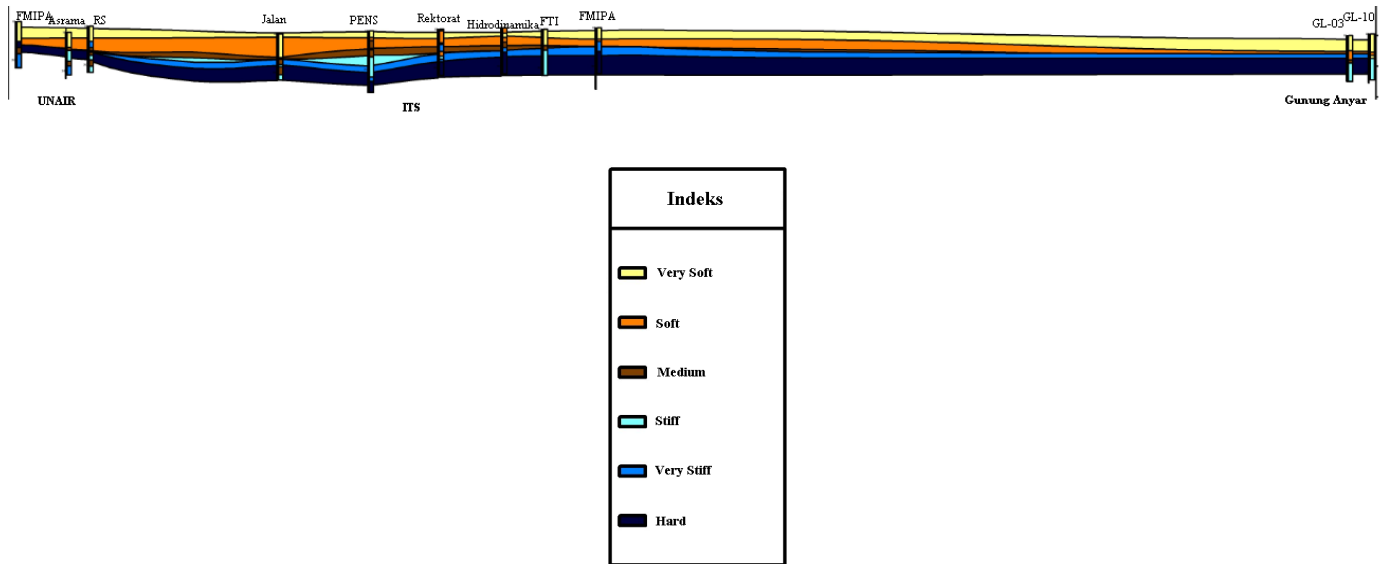
(a)



(b)

Gambar 4. 17 Grafik perbandingan *transverse resistance* dan resistivitas terhadap kedalaman di area Gunung Anyar: GL-03(a), GL-10(b)

Gambar 4.16 menunjukkan hubungan nilai antara resistivitas dan *transverse resistance* terhadap kedalaman di wilayah Gunung Anyar. Berdasarkan gambar tersebut tampak bahwa titik GL-03 dan GL-10 memiliki nilai resistivitas yang tinggi kemudian berangsur-angsur turun, kemudian naik kembali.



Gambar 4. 18 Korelasi kelompok N-SPT di tiap titik bor

## 4.2 Pembahasan

Dari hasil grafik perbandingan yang telah dibuat diketahui bahwa pada daerah Madura tidak terdapat hubungan antara resistivitas terhadap N-SPT maupun *transverse resistance* terhadap N-SPT. Hal tersebut dikarenakan N-SPT tidak mengalami perubahan (tetap 50). Nilai resistivitas yang didapatkan pada 3 area di Surabaya memiliki rentang nilai resistivitas yang berbeda-beda untuk tiap jenis tanahnya. Pada daerah Unair, berdasarkan hasil pengolahan didapatkan nilai resistivitas pasir adalah diantara 4-7,5 ohmm, sedangkan nilai resistivitas lempung bervariasi yakni 0,8-6 ohmm. Untuk daerah ITS dengan lapisan tanah yang bervariasi, rentang resistivitas lempung adalah 0,5-7 ohmm, sedangkan untuk pasir memiliki resistivitas dengan rentang 12-33 ohmm. Daerah Gunung Anyar didapatkan resistivitas lempung berkisar antara 0,9-29 ohmm dan nilai resistivitas pasir antara 2,25-12,6 ohmm. Nilai resistivitas yang rendah mengindikasikan terdapatnya lapisan tanah yang jenuh air serta terdapatnya ukuran butir yang halus dan naiknya komposisi lempung pada matriks tanah. Grafik perbandingan pada daerah Unair menunjukkan korelasi yang cukup baik antara resistivitas dengan N-SPT, hal ini dikarenakan nilai resistivitas pada daerah tersebut memiliki rentang yang mirip untuk jenis tanah lempung dan pasir, sedangkan untuk daerah ITS dan Gunung Anyar tidak menunjukkan adanya hubungan diantara kedua parameter.

Pada grafik perbandingan *transverse resistance* dengan N-SPT didapatkan korelasi yang baik pada daerah Unair dengan Gunung Anyar. Pada daerah ITS masih belum didapatkan korelasi yang baik karena banyaknya variasi nilai *transverse resistance* serta nilai dominasi N-SPT di setiap kawasan yang berbeda. Pada area Unair, dominasi nilai N-SPT adalah 0-40, daerah ITS adalah 0-50, sedangkan pada daerah Gunung Anyar adalah 0-20. Nilai korelasi yang kecil untuk daerah Surabaya didapatkan dari grafik persamaan gambar 4.13. Dari hasil korelasi antara N-SPT dengan *transverse resistance*, didapatkan persamaan  $y = 0,14x + 10,59$  dengan nilai  $R^2$  adalah 0,33. Nilai *transverse resistance* pada penelitian ini adalah selalu naik karena pengaruh penjumlahan dari nilai resistivitas pada lapisan atasnya.

Gambar 4.18 menunjukkan korelasi N-SPT berdasarkan pengelompokan pada tabel 2.1. Pengelompokan N-SPT pada gambar tersebut menunjukkan kenaikan kelompok N-SPT yang bertambahnya kedalaman.

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil persamaan yang didapatkan menunjukkan bahwa korelasi antara nilai N-SPT dengan *transverse resistance* memiliki hubungan yang kecil diantara kedua parameter. Hal tersebut juga terjadi pada korelasi antara N-SPT dengan resistivitas.
2. Pada daerah Madura dengan dominasi batu gamping, tidak didapatkan hubungan diantara kedua parameter. Untuk daerah Surabaya yang didominasi oleh lempung dan pasir juga tidak didapatkan korelasi yang tinggi antara resistivitas serta *transverse resistance* terhadap N-SPT.

#### 5.2 Saran

1. Korelasi N-SPT dengan *transverse resistance* menunjukkan korelasi yang lebih baik apabila dibandingkan dengan korelasi antara N-SPT dengan resistivitas.

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*



## DAFTAR PUSTAKA

- Akinlabi, I.A.& Adeyemi, G.O. (2014). *Determination of Empirical Relations between Geoelectrical Data and Geotechnical Parameters in Foundation Studies for a proposed Earth Dam*. Pacific Journal of Science and Technology, 15(2), 278-287
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT*. Jakarta
- Bemmelen, R.W. Van. 1949. *The Geology of Indonesia*. Netherland: The Hague
- Braga, A., Malagutti, W., Dourado, J.& Chang, H. (1999). *Correlation of Electrical Resistivity and Induced Polarization Data with Geotechnical Survey Standard Penetration Test Measurements*. Journal of Environmental and Engineering Geophysics 4, 123-130
- Cosenza, P., Marmet, E., Rejiba, F., Jun Cui, Y., Tabbagh, A.& Charlery, Y. (2006). *Correlations between Geotechnical and Electrical Data: a Case Study at Garchy in France*. Journal of Applied Geophysics, 60(3-4), 165-178
- Devi, A., Israil, M., Anbalagan, R.& Gupta, P.K. (2017). *Subsurface Soil Characterization using Geoelectrical and Geotechnical Investigations at a Bridge Site in Uttarakhand Himalayan Region*. Journal of Applied Geophysics 144, 78-85
- Heiland, C. A. 1946. *Geophysical Exploration*. New York: Prentice-Hall inc
- Maitra, M. K.& N. C. Ghose. 2008. *Groundwater Management*. New Delhi: A P H Publishing Corporation
- Mochtar, I. 2006. *Konsistensi Tanah*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Oh, S.& Chang, G.S. (2007). *Combined Analysis of Electrical Resistivity and Geotechnical SPT Blow Counts for the Safety Assessment of Fill Dam*. Environ Geol 54:31-42.
- Osman, S.B.S, Hisyam, J.& Halim, A. (2016). *Behavior of Electrical Resistivity in Sandy Clay Loam Soil with Respect to Its Strength Parameters*. ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences., 11(8), 5433-5438
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley and Sons Inc

- Satrya, T.R., Soemitro, R.A.A, Muntaha, M., Sari, P.T.K., Warnana, D.D.& Widodo, A. (2014). *Engineering Geological Mapping at Center of Surabaya Region by Developing Geo-Tomography Image Analysis*. Celebes International Conference on Earth Science
- Situmorang, R.L., Agustianto, D.A.& Suparman, M. 1992. *Peta Geologi Lembar Waru-Sumenep, Jawa*
- Sudha, K., Israil, M., Mittal, S.& Rai, J. (2009). *Soil Characterization using Electrical Resistivity Tomography and Geotechnical Investigations*. Journal of Applied Geophysics 07, 74-79
- Sukardi, Supanjono, J.B., Hasan, K., Panggabean, H.& Satria, D. 1992. *Peta Geologi Lembar Surabaya dan Sapulu, Jawa*
- Syed, S.B.A.& Siddique, F.I. (2012). Use of Vertical Sounding (VES) Method as an Alternative to Standard Penetration Test (SPT). The 22<sup>nd</sup> International offshore (Ocean) and Polar Engineering Conference, 871-875
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press
- Zohdy, A. A. R. (1965). *The Auxiliary Point Method of Electrical Sounding Interpretation and Its Relation to the Dar Zarrouk Parameters*. Geophysics 30, 644-660

## LAMPIRAN

### Data Hasil Pengukuran di Kawasan ITS dan Unair

Tabel 6. 1 Data pengukuran di FMIPA ITS

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	15,2	15,6	5,742
2	1,5	0,25	13,75	13,8	22,7	8,359
3	1,5	0,5	6,29	17,6	12,7	8,711
4	2,5	0,5	18,86	170	229,7	13,956
5	3	0,5	27,50	132	352	10,313
6	4	0,5	49,50	24	228	5,211
7	5	0,5	77,79	7,8	207	2,931
8	5	1	37,71	32	366,3	3,295
9	6	1	55,00	12	256	2,578
10	7	1	75,43	4,7	189	1,876
11	8	1	99,00	3,6	80	4,455
12	9	1	125,71	2,5	309	1,017
13	10	1	155,57	1,6	244	1,020
14	10	2	75,43	2,5	248,8	0,758
15	12	2	110,00	2,5	307,8	0,893
16	14	2	150,86	1,1	396	0,419
17	15	2	173,64	1,3	374	0,604
18	15	5	198,00	3,2	361	0,557
19	16	5	251,43	3,9	563	0,503
20	18	2	311,14	0,5	576	0,218
21	20	2	117,86	0,3	600	0,156
22	20	5	151,25	1,8	1790	0,119

Tabel 6. 2 Data pengukuran di FTI ITS

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	2693	132,6	119,68

2	1,5	0,25	13,75	255,3	143,9	24,39
3	1,5	0,5	6,29	175	134,8	8,16
4	2,5	0,5	18,86	53,3	174,5	5,76
5	3	0,5	27,50	14,2	126,5	3,09
6	4	0,5	49,50	1,6	103,9	0,76
7	5	0,5	77,79	0,9	172,8	0,41
8	5	1	37,71	2,6	170	0,58
9	6	1	55,00	0,7	96,3	0,40
10	7	1	75,43	0,5	123,7	0,30
11	8	1	99,00	0,3	91	0,33
12	9	1	125,71	0,3	93,3	0,40
13	10	1	155,57	0,3	132	0,35
14	10	2	75,43	0,7	126,1	0,42
15	12	2	110,00	0,4	102,6	0,43
16	14	2	150,86	0,3	125,5	0,36
17	15	2	173,64	0,7	300	0,41

Tabel 6. 3 Data pengukuran di UPT ITS

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	0,295	1183	1934,0	3,60
2	1,5	0,25	0,246	395,5	1844,0	2,95
3	1,5	0,5	0,131	867	1811,0	3,01
4	2,5	0,5	0,196	196,8	628,0	5,91
5	3	0,5	0,196	137,9	687,0	5,52
6	4	0,5	0,229	56,9	625,0	4,51
7	5	0,5	0,253	33,6	638,0	4,10
8	5	1	0,196	74	631,0	4,42
9	6	1	0,218	46,2	1711,0	1,49
10	7	1	0,236	24,3	1642,0	1,12
11	8	1	0,250	16,8	1770,0	0,94
12	9	1	0,262	7,7	1482,0	0,65

13	10	1	0,272	4,2	1378,0	0,47
14	10	2	0,224	10	1404,0	0,54
15	12	2	0,262	3,5	1395,0	0,28
16	14	2	0,295	0,3	163,3	0,28
17	15	2	0,300	0,3	209,7	0,25
18	16	2	0,306	0,3	268,6	0,22
19	18	2	0,331	0,2	206,8	0,24
20	20	2	0,354	0,3	392,3	0,24
21	20	5	0,281	0,9	390,9	0,27
22	22,5	5	0,313	0,9	1249,0	0,11
23	25	5	0,342	0,4	296,9	0,25
24	27,5	5	0,368	0,6	394,5	0,35

Tabel 6. 4 Data pengukuran di Bunderan Mulyosari

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	280,50	113,90	14,51
2	1,5	0,25	13,75	44,00	99,80	6,06
3	1,5	0,5	6,29	85,00	91,20	5,86
4	2,5	0,5	18,86	10,70	87,30	2,31
5	3	0,5	27,50	5,50	75,00	2,02
6	4	0,5	49,50	2,50	62,70	1,97
7	5	0,5	77,79	1,20	60,20	1,55
8	5	1	37,71	2,70	53,30	1,91
9	6	1	55,00	1,20	49,40	1,34
10	7	1	75,43	0,50	44,00	0,86
11	8	1	99,00	1,10	42,10	2,59
12	9	1	125,71	0,30	35,40	1,07
13	10	1	155,57	0,10	31,10	0,50
14	10	2	75,43	0,50	28,20	1,34
15	12	2	110,00	0,10	29,40	0,37
16	14	2	150,86	0,50	31,50	2,39

17	15	2	173,64	0,60	38,00	2,74
18	16	2	198,00	0,20	49,00	0,81
19	18	2	251,43	0,40	50,20	2,00
20	20	2	311,14	0,40	51,40	2,42
21	20	5	117,86	0,50	54,00	1,09
22	22,5	5	151,25	0,20	52,40	0,58
23	25	5	188,57	0,30	50,00	1,13
24	27,5	5	229,82	0,50	50,80	2,26
25	30	5	275,00	0,40	52,00	2,12
26	32,5	5	324,11	0,30	49,00	1,98
27	35	5	377,14	0,20	48,60	1,55
28	37,5	5	434,11	0,20	49,80	1,74
29	40	5	495,00	0,40	55,00	3,60
30	42,5	5	559,82	0,40	64,40	3,48
31	45	5	628,57	0,30	71,80	2,63
32	47,5	5	701,25	0,10	73,00	0,96
33	50	5	777,86	0,70	76,00	7,16
34	50	10	377,14	0,30	76,30	1,48

Tabel 6. 5 Data pengukuran di Hidrodinamika

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	1107	29,7	219,6 4
2	1,5	0,25	13,75	398,4	24	228,2 5
3	1,5	0,5	6,29	779	29,31	167,0 6
4	2,5	0,5	18,86	144	18,12	149,8 6
5	3	0,5	27,50	97,1	21,3	125,3 6
6	4	0,5	49,50	30,6	21	72,13
7	5	0,5	77,79	32	28,46	87,46

8	5	1	37,71	69,1	29,02	89,80
9	6	1	55,00	26,2	385	3,74
10	7	1	75,43	9,7	231,9	3,16
11	8	1	99,00	10,1	389,3	2,57
12	9	1	125,71	6,7	374,2	2,25
13	10	1	155,57	3,9	362,5	1,67
14	10	2	75,43	8,5	362	1,77
15	12	2	110,00	3,7	349,6	1,16
16	14	2	150,86	1,2	244	0,74
17	15	2	173,64	1,4	321,7	0,76
18	16	2	198,00	0,4	369,2	0,21
19	18	2	251,43	0,7	285,7	0,62
20	20	2	311,14	0,8	324,3	0,77
21	20	5	117,86	0,9	377,3	0,28
22	22,5	5	151,25	0,8	324,3	0,37
23	25	5	188,57	0,9	386,2	0,44
24	27,5	5	229,82	0,2	346	0,13
25	30	5	275,00	0,2	256,2	0,21
26	32,5	5	324,11	0,1	269,5	0,12
27	35	5	377,14	0,5	368,5	0,51
28	37,5	5	434,11	0,4	386,5	0,45
29	40	5	495,00	0,3	388,3	0,38
30	42,5	5	559,82	0,2	263,7	0,42
31	45	5	628,57	0,2	378	0,33
32	47,5	5	701,25	0,1	362,9	0,19
33	50	5	777,86	0,2	308,7	0,50
34	50	10	377,14	0,3	302,9	0,37

Tabel 6.6 Data pengukuran di FMIPA Unair

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	610	1388	2,59

2	1,5	0,25	13,75	330,4	1538	2,95
3	1,5	0,5	6,29	687	1527	2,83
4	2,5	0,5	18,86	194	1416	2,58
5	3	0,5	27,50	113,7	1373	2,28
6	4	0,5	49,50	51	1398	1,81
7	5	0,5	77,79	27,3	1305	1,63
8	5	1	37,71	68,6	1316	1,97
9	6	1	55,00	34,5	1281	1,48
10	7	1	75,43	21,1	1277	1,25
11	8	1	99,00	15	1262	1,18
12	9	1	125,71	11,2	1198	1,18
13	10	1	155,57	7,3	1184	0,96
14	10	2	75,43	16,4	1169	1,06
15	12	2	110,00	8,1	1158	0,77
16	14	2	150,86	4	1109	0,54
17	15	2	173,64	4,2	1124	0,65
18	16	2	198,00	2,6	1083	0,48
19	18	2	251,43	2,5	1074	0,59
20	20	2	311,14	2,1	1130	0,58
21	20	5	117,86	5,3	1123	0,56
22	22,5	5	151,25	3,9	1010	0,58

Tabel 6. 7 Data pengukuran di RS Unair

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	371,80	36,90	59,38
2	1,5	0,25	13,75	99,40	38,00	35,97
3	1,5	0,5	6,29	323,90	52,80	38,56
4	2,5	0,5	18,86	42,90	80,00	10,11
5	3	0,5	27,50	11,50	63,00	5,02
6	4	0,5	49,50	2,50	70,90	1,75
7	5	0,5	77,79	1,90	66,70	2,22



8	5	1	37,71	5,60	66,70	3,17
9	6	1	55,00	7,30	58,80	6,83
10	7	1	75,43	1,20	88,00	1,03
11	8	1	99,00	1,00	60,20	1,64
12	9	1	125,71	0,80	58,00	1,73
13	10	1	155,57	0,50	68,30	1,14
14	10	2	75,43	2,00	66,80	2,26
15	12	2	110,00	0,90	56,30	1,76
16	14	2	150,86	0,40	67,00	0,90
17	15	2	173,64	0,50	55,60	1,56
18	16	2	198,00	0,50	86,30	1,15
19	18	2	251,43	0,70	97,20	1,81
20	20	2	311,14	0,40	63,90	1,95
21	20	5	117,86	2,90	65,90	5,19
22	22,5	5	151,25	1,00	152,70	0,99
23	25	5	188,57	0,10	104,60	0,18
24	27,5	5	229,82	0,50	121,30	0,95
25	30	5	275,00	0,10	89,80	0,31
26	32,5	5	324,11	0,10	78,10	0,41
27	35	5	377,14	0,10	65,10	0,58
28	37,5	5	434,11	0,20	169,00	0,51
29	40	5	495,00	0,20	98,50	1,01
30	42,5	5	559,82	1,10	150,60	4,09
31	45	5	628,57	0,30	164,60	1,15
32	47,5	5	701,25	0,20	126,20	1,11
33	50	5	777,86	0,30	148,50	1,57
34	50	10	377,14	1,00	148,70	2,54

Tabel 6. 8 Data pengukuran di Asrama Unair

No	AB/2	MN/2	K	V	I	Rho App
1	1	0,25	5,89	591	453	7,688

2	1,5	0,25	13,75	141,2	507	3,829
3	1,5	0,5	6,29	387,5	574	4,243
4	2,5	0,5	18,86	66,7	525	2,396
5	3	0,5	27,50	36,6	464	2,169
6	4	0,5	49,50	19,3	512	1,866
7	5	0,5	77,79	7,9	376,5	1,632
8	5	1	37,71	14,2	375	1,428
9	6	1	55,00	10,9	464	1,292
10	7	1	75,43	6,5	483	1,015
11	8	1	99,00	4,1	441	0,920
12	9	1	125,71	3,2	442	0,910
13	10	1	155,57	2,5	439	0,886
14	10	2	75,43	4,8	443	0,817
15	12	2	110,00	2,2	369,5	0,655
16	14	2	150,86	1,3	359,5	0,546
17	15	2	173,64	1,1	312	0,612
18	16	2	198,00	1,2	292,3	0,813
19	18	2	251,43	0,9	349,9	0,647
20	20	2	311,14	0,6	464	0,402
21	20	5	117,86	2,3	467	0,580

## Biografi Penulis



Penulis merupakan anak terakhir dari lima bersaudara. Lahir pada tanggal 26 Mei 1996 di Surabaya. Waktu kecil memiliki hobi menari tradisional dan menyanyi. Dari hobi tersebut, penulis seringkali menjadi perwakilan dalam pentas lomba-lomba menari tradisional dan menyanyi ditingkat Surabaya hingga lulus sekolah dasar. Pada tahun 2002 hingga 2008 mengemban sekolah di SD Katholik R.A Kartini Surabaya, kemudian pada tahun 2008 melanjutkan sekolah di sekolah negeri, yakni SMPN 39 Surabaya. Pada tahun 2011, penulis melanjutkan masa SMA di SMAN 16 Surabaya dan menghabiskan masa-masa tersebut dengan aktif ikut lomba paduan suara dan olimpiade matematika.

Setelah lulus dari bangku SMA, penulis kemudian melanjutkan studinya di kampus perjuangan yang ada di Surabaya, yaitu Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan mengambil jurusan Teknik Geofisika. Aktif dalam berbagai organisasi dalam kampus, seperti KMK, Himpunan Mahasiswa, serta UKM pencak silat PSHT (persaudaraan setia hati). Mengemban peran sebagai anggota dalam kelompok PSHT, staff dalam organisasi KMK, dan sekretaris departemen kesejahteraan mahasiswa dalam organisasi HMTG (Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika). Selain itu hinggasaat ini penulis aktif sebagai pengajar bimbingan belajar privat di tingkat SMA serta seni merangkai bunga, dan berbagai kegiatan pekerjaan paruh waktu lainnya. Dalam kegiatan belajar kampus, penulis juga mengikuti *field trip* di Kabuh, Jombang dan di Karangsambung, Kebumen pada tahun 2015 dan 2016. Tahun 2017 juga mengikuti kegiatan *field camp* di Surabaya.

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*